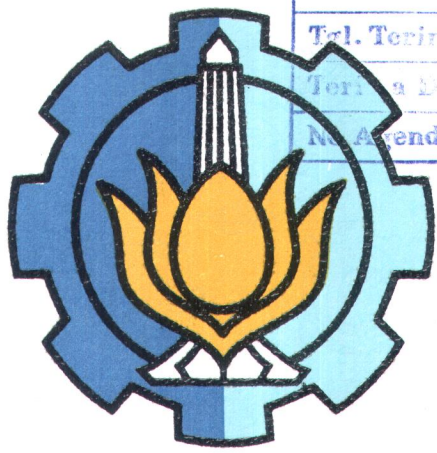


9/4/01

TUGAS AKHIR (NA 1701)

JU KOROSI ALUMINIUM PADA KAPAL FPB 28 DALAM LARUTAN NaCl DENGAN METODE POLARISASI



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	10-7-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.769

RSPe
683.848
Ana
L-1

1999

Oleh :

KHOIRUL ANAM

NRP : 4192.100.008

TUGAS AKHIR
(NA 1701)

JU KOROSI ALUMINIUM PADA KAPAL FPB 28
DALAM LARUTAN NaCl DENGAN METODE
POLARISASI

Surabaya, Juli 1999

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



[Handwritten signature]

Ir. HERI SUPOMO, M.Sc.



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 38 /PT12.FTK2/M/1999

Nama Mahasiswa : Khoirul Anom.....
Nomor Pokok : 4192100003.....
Tanggal diberikan tugas : 19 Maret 1999.....
Tanggal selesai tugas : 19 Juli 1999.....
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hery Sutomo, I.Sc.....
2.

Judul tugas akhir yang diberikan :

u korosi aluminium pada kapal FFB 20 dalam media maki dengan metode
erisasi.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillahirrabbi alamin, puji syukur penulis ke hadirat Allah SWT atas karunia dan inayah-NYA yang sangat besar sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“LAJU KOROSI ALUMINIUM PADA KAPAL FPB 28 DALAM MEDIA NaCl DENGAN METODE POLARISASI”**.

Laporan tugas akhir ini penulis lakukan dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk mengikuti wisuda S-1 pada jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini yang tentunya tidak bisa kami sebutkan satu persatu disini. Terima kasih khusus penulis sampaikan kepada

1. Bapak Ir. Koestowo Sastromihardjo, selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut

3. Bapak Ir. Heri Supomo. M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Triachmadi Ph.D, selaku dosen wali dan Dosen serta Karyawan FTK-ITS lainnya yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan selama penulis menimba ilmu FTK-ITS.
5. Keluarga tercinta Ibu H. Alipah, kakak-kakak serta saudara-saudara yang selama ini memberikan semangat.
6. Mas Slamet selaku karyawan laboratorium Jurusan D-3 Teknik Kimia ITS yang banyak memberikan bantuan kepada penulis selama melakukan penelitian di laboratorium D-3 Teknik Kimia.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Perkapalan ITS : Imam, Wira, Dedy Cuplis, Abas, Mul, Munawar, Jerry, Ahmad, dan rekan-rekan perkapalan '92 (P32) semua dengan kebersamaannya, serta rekan-rekan Emdeka special Indah, Muf, dan trim banget tutik, M. Nur dan Kiffi.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari sempurna namun penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada penulis

Abstraksi

Pembangunan kapal FPB 28 yang dibuat di PT PAL Surabaya sekarang secara keseluruhan digunakan material aluminium terutama bagian lambung kapal yang generasi terdahulunya material aluminium digunakan hanya bangunan atas saja, sehingga perlu dikaji proses korosi atau pengurangan ketebalan dari aluminium akibat besentuan langsung dengan media yang korosif air laut yang merupakan larutan garam NaCl.

Dalam perhitungan laju korosi menggunakan prinsip korosi galvanik yang terjadi dalam logam tunggal sebagai akibat perbedaan potensial anoda dan katoda lokal dalam media elektrolit, dan media yang digunakan adalah larutan garam NaCl yang merupakan senyawa terbesar dalam air laut. Perhitungan laju korosi dilakukan beberapa percobaan dengan kondisi biasa dan las-lasan untuk mengetahui pengaruh kadar garam NaCl (salinitas) terhadap laju korosi dan pengaruh cacat logam terhadap laju korosi.

Percobaan dilakukan pengujian material aluminium dalam laboratorium dengan metode elektrokimia teknik polarisasi instrumen potensiostat diperoleh arus i_a dan i_c serta dari arus tersebut dibuat kurva polarisasi berupa grafik hubungan $E/\log(i/A)$. Dari grafik ini didapatkan i_{kor} dan selanjutnya digunakan untuk menghitung laju korosi.

DAFTAR ISI

KATA PENGHANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI ..	iv
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GRAFIK	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	3
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Metodologi	7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.3 Korosi Dalam Air Laut	14
2.3.1 Mekanisme Korosi Dalam Air Laut	17
2.3.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Korosi Dalam Air Laut	19
2.4 Klasifikasi Aluminium	25
2.4.1 Berdasarkan Cara Pembuatan	26
2.4.2 Berdasarkan Perlaku Panas (Heat Treatment)	26
2.4.3 Berdasarkan Unsur-Unsur Paduannya	26
2.5 Korosi Aluminium	29
2.5.1 Korosi Dalam Air Laut	29
2.5.2 Jenis-jenis Korosi Dalam Air Laut	30
2.6 Cacat Logam	33
2.6.1 Macam-macam Cacat Logam	34
2.7 Polarisasi	36
2.8 Laju Korosi	43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan Penelitian	45
--------------------------------	----

4.2 Analisa Kosentrasi	60
4.2.1 Peristilaan Dalam Larutan	60
4.2.2 Pengaruh Kosentrasi	63
4.2.3 Pengaruh Luasan	67
4.3 Analisa Cacat Logam	68

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	71
4.2 Saran	72

DAFTAR PUSTAKA	74
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

LAMPIRAN A	75
LAMPIRAN B	93
LAMPIRAN C	99

DAFTAR NOTASI

i	: Laju Korosi
E_{korr}	: Potensial
i_{korr}	: Kerapatan arus korosi
i_a	: Laju reaksi maju/ reaksi anoda
i_c	: Laju reaksi mundur/ reaksi katoda
i_0	: Exchange Current Density arus dalam keadaan setimbang
n	: Bilangan valensi
i/A	: Kerapatan arus yang terjadi
mV	: miliVolt
mA	: miliAmper
mmpy	: mili meter per year
M	: Berat molekul (BM)
ρ	: Densitas logam yang terkorosi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Rangkaian sel tiga elektroda	8
Gambar 2.1	Proses korosi media elektrolit	14
Gambar 2.2	Mekanisme elektrokimia korosi besi dalam larutan NaCl	17
Gambar 2.3	Profil energi untuk tembaga dalam air murni ia > -ic	38
Gambar 3.1	Potensiostat sederhana	46
Gambar 3.2	Rangkaian alat sel tiga elektroda	53
Gambar 4.1	Struktur mikro daerah las dari paduan aluminium yang dapat diperlaku panaskan	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi senyawa kimia dalam air laut	15
Tabel 3.1	Komposisi kimia Al-Mg	48
Tabel 4.1	Data percobaan dan perhitungan i_{korr} material aluminium salinitas 30	59
Tabel 4.2	Nilai i_{korr} dan laju korosi untuk salinitas 30, 35 dan 40	66
Tabel 4.3	Nilai i_{korr} dan laju korosi untuk luasan permukaan salinitas 35	67
Tabel 4.4	Nilai i_{korr} dan laju korosi untuk kondisi las-lasan salinitas 35	70

LAMPIRAN A

Tabel 6.1	.....	75
Tabel 6.2	.....	77
Tabel 6.3	.....	79
Tabel 6.4	.....	81
Tabel 6.5	.....	83

LAMPIRAN B

Tabel 6.10	.....	93
Tabel 6.11	.....	95
Tabel 6.12	.....	97

LAMPIRAN C

Tabel 6.13	.....	99
Tabel 6.14	.....	101
Tabel 6.15	.....	103

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1	Hubungan antara kedalaman dengan temperatur, kandungan oksigen, pH dan salinitas	16
Grafik 2.2	Hubungan antara salinitas dengan laju korosi dari mild steel	21
Grafik 2.3	Hubungan antara kandungan oksigen dan laju korosi dengan kedalaman air laut	22
Grafik 2.4	Effek dari temperatur terhadap korosi besi dalam air laut	24
Grafik 2.5	Effek dari kecepatan air laut terhadap laju korosi besi	25
Grafik 2.6(a)	Pengeplotan Tafel teoritis	42
Grafik 2.6(b)	Pengeplotan Tafel praktis diidealkan	42
Grafik 4.1	Hubungan antara logaritma kerapatan arus (i/A) dengan Polarisasai (mV)	60
Grafik 4.2	Hubungan antara perubahan konsentrasi dengan waktu	65

Grafik 6.4	.....	82
Grafik 6.5	.....	84
Grafik 6.6	.....	86
Grafik 6.7	.....	88
Grafik 6.8	.....	90
Grafik 6.9	.....	92

LAMPIRAN B

Grafik 6.10	.....	94
Grafik 6.11	.....	96
Grafik 6.12	.....	98

LAMPIRAN C

Grafik 6.13	.....	100
Grafik 6.14	.....	102
Grafik 6.15	.....	104

"Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat". (Q.S Al-Mujaadilah : 11)

BAB I

PENDAHULUAN

Dewasa ini pembangunan di Indonesia sedang digalakkan untuk mencapai tujuan nasional yaitu pembangunan Indonesia seutuhnya yang menyangkut aspek pembangunan disegala bidang. Dengan melihat kondisi sumber daya alam yang dimiliki bangsa Indonesia yang begitu besar maka pembangunan harus dititik beratkan bidang tertentu yang bisa menunjang pembangunan yang lain supaya tujuan dari pembangunan bisa tercapai secara maksimal dan pembangunan tersebut bisa membawa manfaat bagi kemakmuran dan kesejahteraan rakyat banyak.

Sebagai realisasinya bisa dilihat dari wilayah Indonesia yang dua pertiga bagian adalah perairan, maka pembangunan kelautan yang berkaitan dengan perairan Indonesia, sebagai wilayah kedaulatan dan yuridis nasional untuk didayagunakan dan dimanfaatkan bagi kesejahteraan dan keamanan bangsa Indonesia. Laut merupakan bagian ruang lingkup bangsa Indonesia yang berperan sebagai sumber pemenuhan kebutuhan dasar manusia terutama pangan, sumber energi,

kelancaran kegiatan perekonomian dan pembangunan berwawasan nusantara. Pembangunan kelautan diarahkan pada pendayagunaan sumber daya laut dan pemanfaatan fungsi wilayah laut nasional, Zona Ekonomi Eksklusif secara serasi dan berkesinambungan dengan memperhatikan daya dukung dan kelestarian untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat serta memperluas kesempatan kerja juga untuk mendukung penegakkan kedaulatan dan yuridisional nasional serta wawasan nusantara.

Laut sebagai media penghubung, media pertahanan dan keamanan untuk mendukung kedaulatan nasional serta wawasan nusantara, maka untuk menunjang tersebut maka diperlukan sebuah alat transportasi untuk menjelajahi seluruh wilayah perairan Indonesia PT PAL surabaya membuat kapal patroli cepat yang digunakan baik Angkatan Laut maupun Bea Cukai sebagai kapal patroli cepat untuk menjaga keamanan dan keselamatan di laut, salah satu produksinya adalah kapal FPB 28 yang dipesan Bea dan Cukai sebagai alat patroli dari penyelundupan barang baik masuk maupun keluar. Kapal FPB 28 generasi terdahulunya bagian lambung kapal adalah kayu maka generasi yang terbaru digunakan

yang dapat merusak dan mengganggu kelancaran operasi dari kapal FPB 28.

1.1. LATAR BELAKANG

Korosi diartikan sebagai kerusakan, keausan atau degradasi penurunan mutu logam atau material yang diakibatkan oleh terjadinya reaksi elektrokimia dengan lingkungan yang didukung oleh faktor-faktor tertentu (*K.R. Trethewey dan J. Chamberlain, 1991*).

Peristiwa korosi terjadi dimana-mana baik logam besi maupun logam jenis yang lain. Misalnya aluminium yang digunakan dalam berbagai konstruksi dalam media elektrolit. Dari korosi yang terjadi akan dapat menimbulkan kerusakan yang mengakibatkan kerugian baik secara ekonomis maupun keamanan.

Tulisan ini akan membahas bagaimana korosi yang terjadi pada aluminium yang digunakan sebagai konstruksi kapal FPB 28 generasi terbaru, khususnya aluminium yang digunakan dalam lambung kapal yang bersentuhan langsung dengan air laut yang merupakan larutan NaCl (*garam dapur*) yang mengakibatkan korosi yang sangat kuat dan

tersebut mengalami kerusakan, tergores dan benturan maka korosi tidak bisa dihindari dan semakin cepat jika terdapat dalam larutan yang korosif.

Seiring dengan itu maka untuk menghindari kerusakan yang lebih besar dan menimbulkan kebocoran dalam kapal maka perlu dikaji bagaimana laju korosi yang selanjutnya bisa dapat dipakai menghitung pengikisan terhadap aluminium oleh proses korosi setiap tahunnya (milimeter per year atau mmpy) serta melakukan pengkajian untuk korosi dari berbagai konsentrasi kadar NaCl (*salinitas*) yang terkandung dalam air laut. Penelitian juga dilakukan untuk kasus dilapangan bahwa aluminium bisa cepat korosi bila aluminium mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh perlakuan dalam proses produksinya yaitu pada waktu pengelasan untuk itu dilakukan juga pengkajian kondisi las-lasan.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Untuk melakukan pemecahan masalah harus dirumuskan dengan jelas bagaimana suatu permasalahan yang dihadapi, adapun permasalahannya adalah korosi aluminium dalam air laut yang merupakan larutan NaCl sebagai korosi galvanik untuk logam tunggal

pengaruh konsentrasi dan pengaruh cacat akibat proses termal dari pengelasan untuk menghitung laju korosi dalam air laut.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Secara umum penelitian mempunyai tujuan dan membuktikan bahwa aluminium yang digunakan lambung kapal FPB 28 yang bersentuhan dengan air laut dapat terkikis sebagai akibat korosi dan secara khusus tujuannya adalah :

- Menghitung laju korosi aluminium pada lambung kapal FPB 28 pada medium air laut yang merupakan larutan garam NaCl dalam kondisi bebas dan kondisi las-lasan.
- Mengetahui pengaruh konsentrasi kadar garam NaCl (*salinitas*) dalam air laut terhadap laju korosi aluminium.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Diharapkan laporan dan data dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai berikut :

- Untuk memperkirakan lamanya beroperasi (*life time*) dari

- Untuk memperoleh data yang menunjukkan laju korosi aluminium dengan berbagai konsentrasi kadar garam NaCl (*salinitas*) dalam air laut.
- Untuk mengetahui laju korosi sebagai proses korosi galvanik untuk logam tunggal sebagai cacat logam dan cacat logam akibat perlakuan proses pengelasan.
- Memberikan informasi tentang besarnya laju korosi aluminium dalam air laut yang merupakan larutan garam NaCl bagi ilmu pengetahuan khususnya bidang kimia dan konstruksi sehingga bisa digunakan sebagai bahan referensi dan acuan untuk penelitian selanjutnya

1.5. BATASAN MASALAH

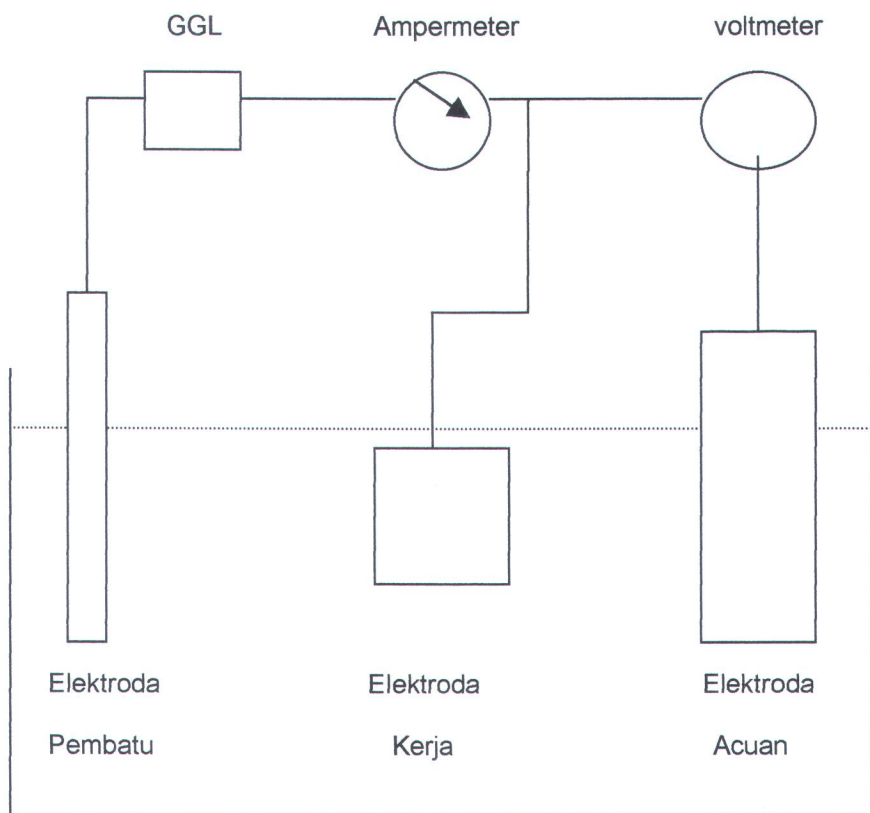
Karena permasalahan korosi galvanik secara umum adalah karena adanya perbedaan potensial untuk itu masalah sangat luas maka untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai harus dilakukan pembatasan masalah supaya dalam perhitungan akhir tidak mengalami kesulitan adapun batasan masalahnya sebagai berikut:

- Distribusi elektron dari material adalah merata tanpa melihat posisi permukaan logam yang terkorosi.
- Permukaan material yang bersentuhan dengan larutan NaCl adalah bebas tanpa pelapisan.
- Percobaan dilakukan dalam kondisi diam sehingga kecepatan gerakan dari material maupun larutan tidak diperhitungkan.

1.6. METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode elektrokimia dan teknik polarisasi yang menggunakan instrumen potensiostat, yaitu suatu alat ukur beda potensial antara spesimen (*elektrode kerja*) dengan elektrode acuan dan menggunakan variabel arus antara spesimen dengan elektrode pembantu. Besarnya elektron yang mengalir antara elektrode pembantu dan elektrode kerja tersebut besarnya sebanding dengan besarnya arus yang mengalir diantara dua elektrode, jadi untuk menghitung laju korosi kita menggunakan variabel arus kemudian dimasukkan beberapa rumusan maka diperoleh dari data hubungan antara arus yang mengalir melewati

(*working electrode*), elektroda pembantu dan elektroda acuan kolomel jenuh (*reference electrode*).



Gambar 1.1 Rangkaian sel tiga elektroda (K.R. Trethewey dan J Chamberlain, 1991).

Alat diatas menggunakan sebagai elektroda kerja menggunakan

hingga mencapai angka 750 mV, dan dalam setiap selang 50 mV didiamkan selama satu menit sebelum pindah keselang berikutnya supaya arus sisa dapat konstan dan stabil dalam posisi nol. Kemudian diamati arus yang lewat pada ampermeter dan dicatat. Kemudian percobaan diulangi untuk beberapa macam konsentrasi garam NaCl. Setelah itu dibuat grafik hubungan antara arus yang terukur dengan potensial yang lebih dikenal dengan grafik $E/\log i$ untuk menentukan i_{korr} dan selanjutnya digunakan untuk menghitung laju korosi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

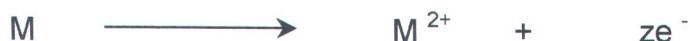
2.1. DEFINISI KOROSI

Korosi diartikan sebagai karat yaitu suatu yang hampir dianggap musuh masyarakat. Karat (rust) tentu saja sebutan yang belakang ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan korosi adalah gejala destruktif yang mempengaruhi semua logam, walaupun besi bukan logam pertama yang dimanfaatkan oleh manusia. Secara umum definisi korosi dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Dalam konteks ilmu korosi yaitu suatu reaksi dari logam konstruksi material dengan lingkungan yang mengakibatkan terjadinya penurunan atau degradasi dari mutu logam.
2. Dalam konteks ilmu korosi yaitu suatu reaksi dari logam solid dengan lingkungannya yang mengakibatkan kerusakan pada logam tersebut.

Lingkungan disini yang dimaksud bisa berwujud lingkungan asam basa

Jenis ikatan yang khusus itulah logam mempunyai sifat tersendiri dan berbeda dengan ikatan yang bukan logam. Ketika logam mengalami suatu reaksi korosi atom itu diubah menjadi sebuah ion melalui reaksi dengan suatu unsur yang terdapat di lingkungannya, kalau kita menggunakan simbol M untuk logam yang terdapat pada struktur padatnya maka dapat digambarkan korosi melalui persamaan berikut :



Bilangan bulat z biasanya mempunyai nilai 1,2 dan 3 harag-harag z lebih tinggi juga ada tetapi jarang dan persamaan yang diatas adalah persamaan yang umum yang digunakan dalam reaksi korosi.

Jika ditinjau dari proses oksidasi dan reduksi suatu proses korosi dapat digolongkan kedalam beberapa reaksi, salah satunya adalah reaksi anodik. Reaksi anodik yaitu reaksi dimana terjadi reaksi oksidasi dari logam menjadi ionnya dan secara umum dapat ditulis seperti dibawah ini :



Dari berbagai macam reaksi yang terjadi ada bermacam-macam reaksi

- Reduksi oksigen (larutan asam)



- Reduksi oksidasi (larutan netral)



- Reduksi ion logam



- Deposisi ion logam



Dari beberapa macam reaksi diatas reaksi yang digunakan dalam penelitian untuk menghitung laju korosi adalah reaksi reduksi ion logam dan deposisi logam dalam media elektrolit.

2.2. KOROSI GALVANIK

2.2.1 Pengertian Korosi Galvanik

Korosi galvanik (*bimetallic corrosion*) atau disebut juga *dissimilar metals* adalah proses korosi logam yang tak sejenis yang tergandeng (coupled) dan membentuk sel korosi basah sederhana dalam suatu media elektrolit dan dari proses tersebut teriadilah korosi yang disebabkan

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion bersangkutan, ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Misalkan dapat kita lihat dalam contoh reaksi dibawah ini.



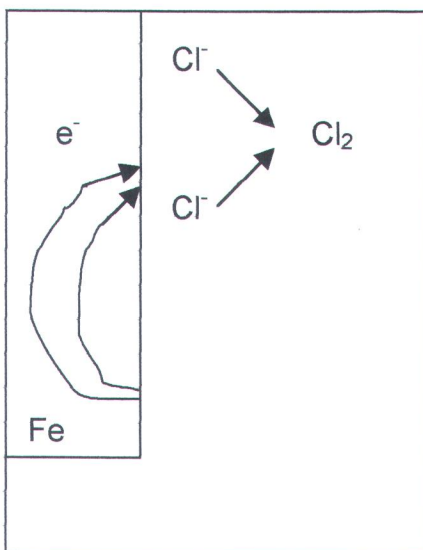
Sedangkan katoda biasanya tidak mengalami korosi walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu.

Perbedaan potensial antara dua logam yang berbeda dan kontak (*terhubung secara kontak listrik*) ketika tercelup dalam elektrolit akan menyebabkan elektron mengalir antara kedua logam tersebut, sehingga terjadilah korosi.

2.2.2 Mekanisme Terjadinya Korosi Galvanik

prinsip korosi logam tidak sejenis atau sering disebut korosi galvanik merupakan dasar untuk memahami semua bentuk korosi yang lain untuk lebih menjelaskan tentang korosi galvanik maka diberikan salah satu bentuk reaksi korosi yang dapat mewakili dalam kasus penggadengan logam-logam tak sejenis, proses-proses korosi yang

kedalam larutan yang elektrolit. Perbedaan potensial tersebut dapat berasal dari batasan butiran, impurity, fasa-fasa dan bagian yang lain. Dengan demikian terbentuklah suatu anoda dan katoda lokal dan katoda lokal permukaan logam tersebut dan selanjutnya terjadi aliran elektron dari anoda ke katoda yang diikuti oleh oksidasi dari anoda lokal. Dan prosesnya biasa dilihat dalam gambar 2.1.

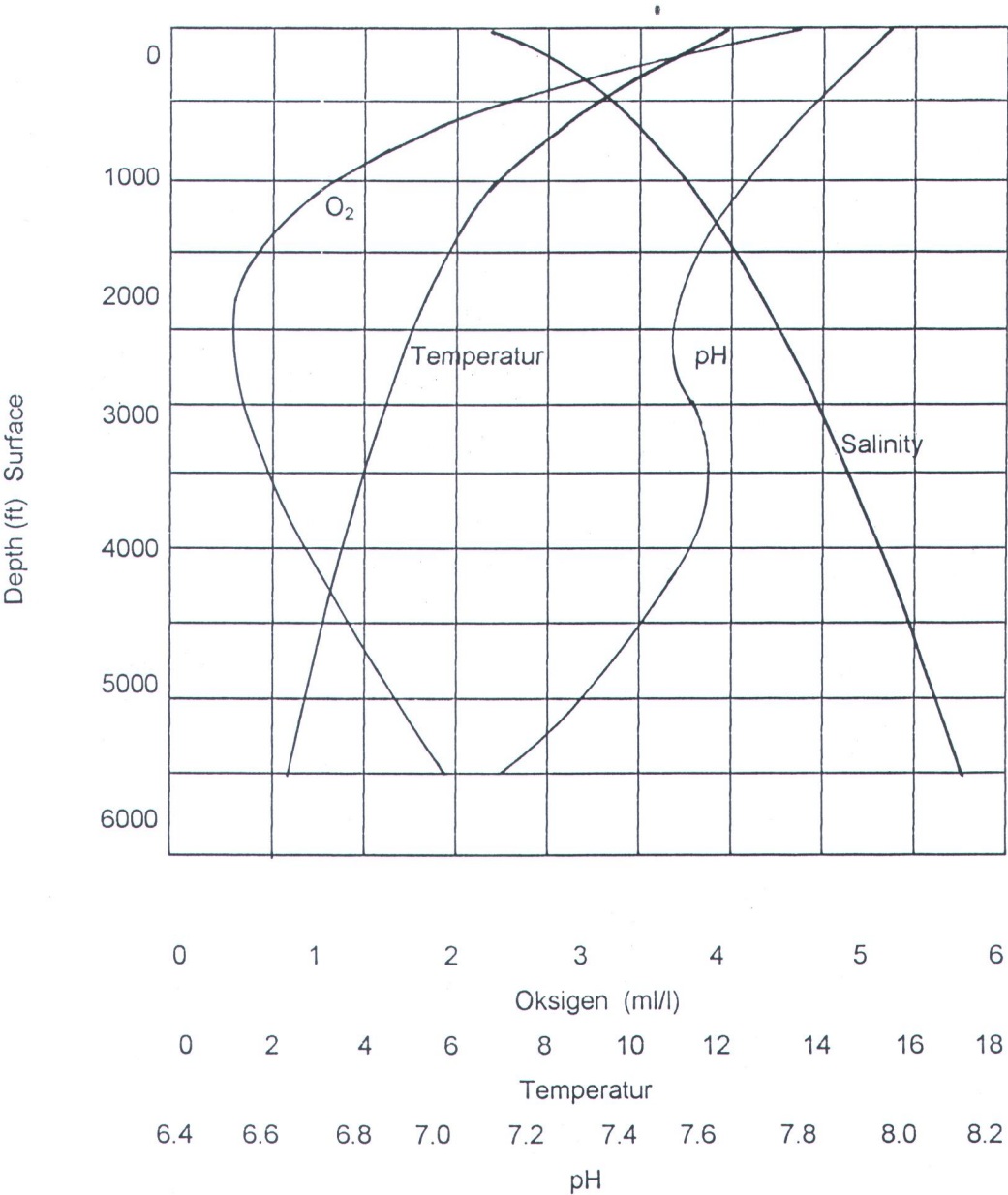


Gambar 2.1. Proses korosi media elektrolit

faktor lingkungan air laut yang penting diketahui sebagai efek memburuknya logam. Didalam pembentukan kontruksi dari logam di air laut kita harus mengetahui dan mengantisipasi kondisi lingkungan dan pengaturan kontrol faktor lingkungan supaya kontruksi logam tetap terjaga. Dan dibawah ini adalah senyawa-senyawa yang terdapat dalam air laut menurut tabel 2.1 (*K.A Chandler , 1985*)

Senyawa	g/kg
Sodium	12.77
Magnesium	1.30
Kalsium	0.409
Potassium	0.338
Strontium	0.010
Chloride	19.37
Sulfat (SO ₄)	2.71
Brom	0.065
Boric acid (H ₃ BO ₃)	0.026
Total salts	35.1

Tabel 2.1 Komposisi senyawa kimia dalam air laut (g/kg)



Lingkungan air laut lebih agresif dibandingkan dengan lingkungan darat dan perlu diketahui dalam pembuatan konstruksi untuk air laut harus dibedakan dengan konstruksi didarat sebab korosi logam akan lebih cepat didalam air laut. Dan laju korosi akan dibedakan pula pada kedalaman air laut

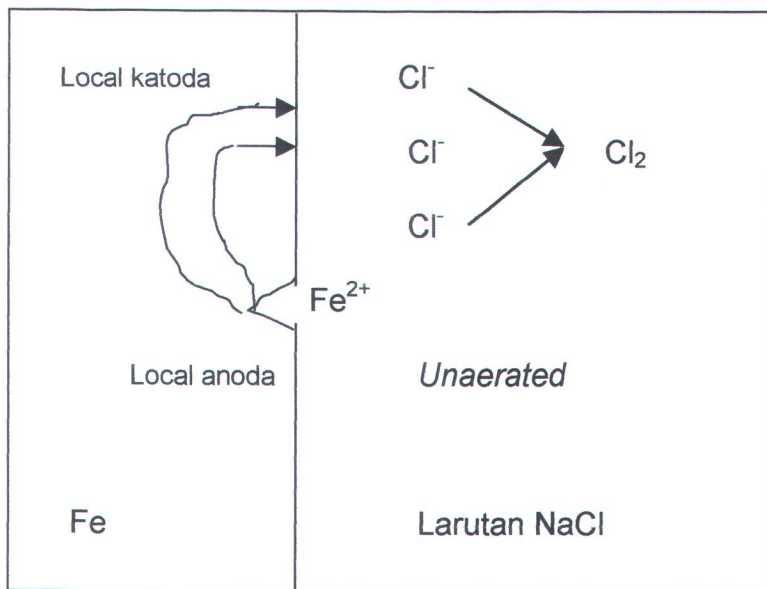
Lingkungan permukaan air laut dan kedalaman air laut perbedaan ini dikarenakan daerah masing-masing mempunyai konsentrasi senyawa kimia yang berbeda-beda. Sesuai dengan grafik 2.1. diatas. (*Francis I. Laque, 1975.*)

2.3.1. Mekanisme Korosi Dalam Air Laut

Pada proses korosi dalam air laut merupakan proses elektrokimia karena air laut merupakan larutan garam NaCl dan merupakan larutan elektrolit. Suatu proses korosi merupakan proses reaksi kimia dengan lingkungannya sebagai contoh dapat digambarkan sebagai berikut. Jika besi (*Fe*) yang dicelupkan dalam air laut (*larutan NaCl*) bisa digambarkan prosesnya dalam gambar 2.2. dibawah.

Medium elektrolit NaCl yang digambarkan dalam contoh tidak

Dengan memperhatikan bahwa ion Cl^- tidak ikut dalam reaksi maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi



Gambar 2.2. Mekanisme elektrokimia korosi besi dalam larutan NaCl

Dari persamaan diatas maka besi bereaksi dengan ion natrium dalam larutan membentuk ion Fe^{2+} dan ion natrium menjadi endapan natrium. Selain reaksi diatas reaksi besi dengan NaCl dapat dibagi menjadi dua reaksi yaitu reaksi oksidasi besi dan reaksi reduksi ion natrium.

membentuk natrium yaitu reaksi membentuk ion natrium dari ion natrium bermuatan menjadi ion natrium netral. Pada kasus tiap korosi yang terjadi hanya ion natrium yang aktif dan yang lain tidak ikut terlibat reaksi.

2.3.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Dalam Air Laut

Seperti sudah diketahui diatas maka didalam air laut terkandung bermacam-macam senyawa yang masing-masing senyawa tersebut mempunyai sifat-sifat dan kadar atau konsentrasi senyawa yang berbeda seperti tampak dalam grafik 2.1. diatas, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dalam air laut disamping komposisi senyawa kimianya juga faktor yang lain misalnya temperatur, derajat keasaman (pH) dan tekanan semua faktor-faktor tersebut dipengaruhi juga oleh kedalaman air laut.

Untuk menjelaskan semua faktor-faktor yang mempengaruhi korosi di air laut akan dibahas disini terutama yang berhubungan dengan penelitian untuk mengetahui laju korosi aluminium dalam media larutan garam NaCl yang merupakan senyawa yang terbesar dalam air laut.

1. Salinitas (kadar garam)

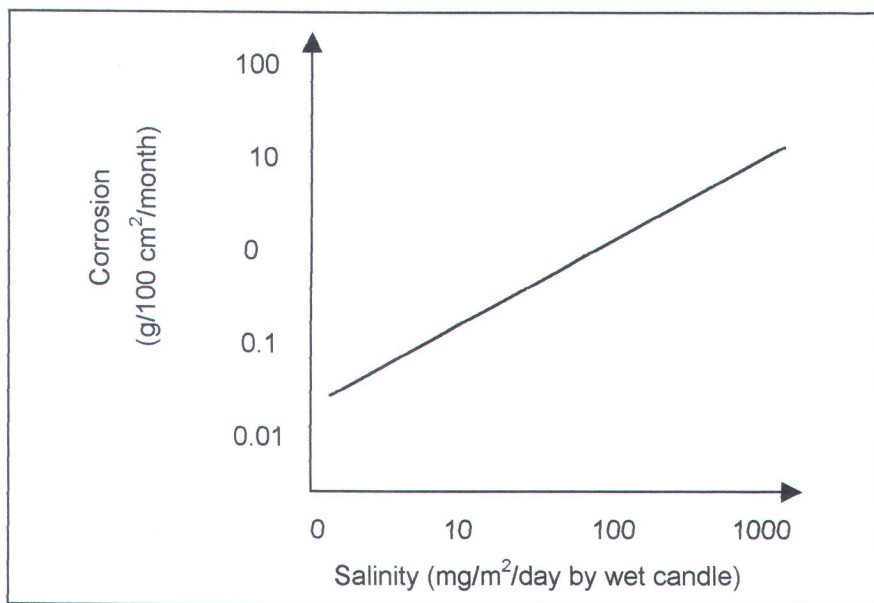
berkisar antara 30-35 yang dalam penulisan angka tersebut menurut berbagai literatur disebutkan bahwa:

Salinitas : $1.80655 \times \text{Chlorinity}$

Dimana chlorinity adalah banyaknya ion Cl^- yang terdapat dalam air laut dan untuk chlorinity berkisar antara 18-20.

Tetapi ada juga yang menuliskan bahwa salinitas sebagai banyaknya kandungan garam (NaCl) dalam air laut dalam gram per liter. Yang dalam penulisannya misalnya 35 gram per liter maka salinitas sama dengan 35. Dan dalam penelitian ini maka dipakai cara kedua untuk mengetahui salinitas atau konsentrasi NaCl dalam air laut. Banyak sekali penyebab besar kecilnya salinitas diantaranya adalah kedalaman, jarak dari pantai, curah hujan, aliran-aliran sungai dan penguapan oleh sinar matahari.

Salinitas sangat sekali berpengaruh terhadap laju korosi dan yang paling mengganggu korosi metal di dalam air laut. Semakin tinggi salinitas maka semakin cepat laju korosi seperti tampak dalam grafik 2.2. diatas. (*Francis I. Laque, 1975*).

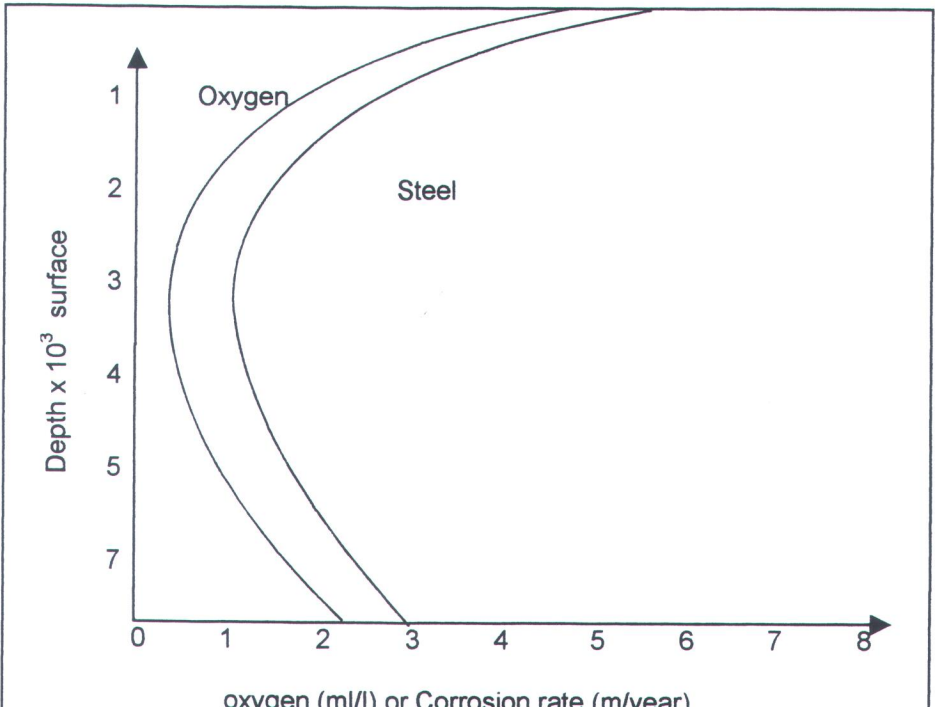


Grafik 2.2. Hubungan antara salinitas dengan laju korosi dari mild steel

2. Efek pH (Derajat Keasaman)

Derajat kesaman atau pH adalah banyaknya ion H^+ atau OH^- yang dikandung oleh senyawa yang menunjukkan sifat asam dan basa dari senyawa tersebut, semakin kecil harga pH dari suatu larutan maka larutan akan bersifat asam dan demikian sebaliknya. (M.G Montana, 1991)

terkontrol jika kandungan hidrogen sulfida jumlahnya sedikit maka pH cenderung rendah atau air laut bersifat acid dan jika terjadi aktifitas fotosintesis yang mengakibatkan CO₂ akan tereduksi dari air laut dan pH akan naik atau air laut menjadi alkalin. Variasi pH juga dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah temperatur, kedalaman, kandungan oksigen dan tekanan.

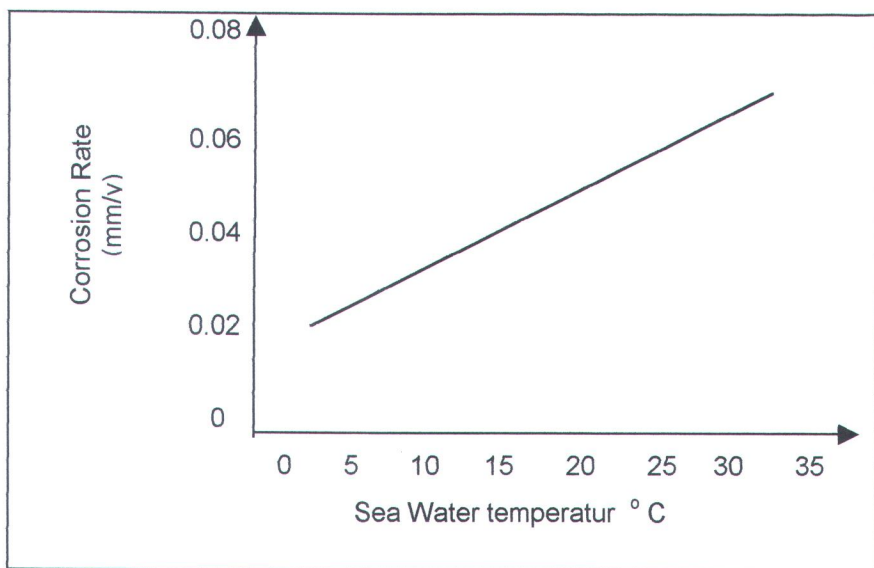


Kandungan oksigen juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya pH semakin tinggi kandungan oksigen maka pH semakin tinggi atau sebaliknya. pH semakin rendah maka kondisi air laut akan lebih korosif atau dengan perkataan lain laju korosi akan lebih cepat. Dan ini akan terjadi juga jika reduksi oksigen sangat rendah didalam konsentrasinya. Seperti nampak dalam grafik 2.3. diatas. (*Francis I. Laque, 1975*).

3. Temperatur

Seperti diketahui dalam grafik 2.1. diatas maka temperatur dalam air laut tidak sama, Karena banyak faktor-faktor diantaranya adalah kadalaman dan sinar matahari.

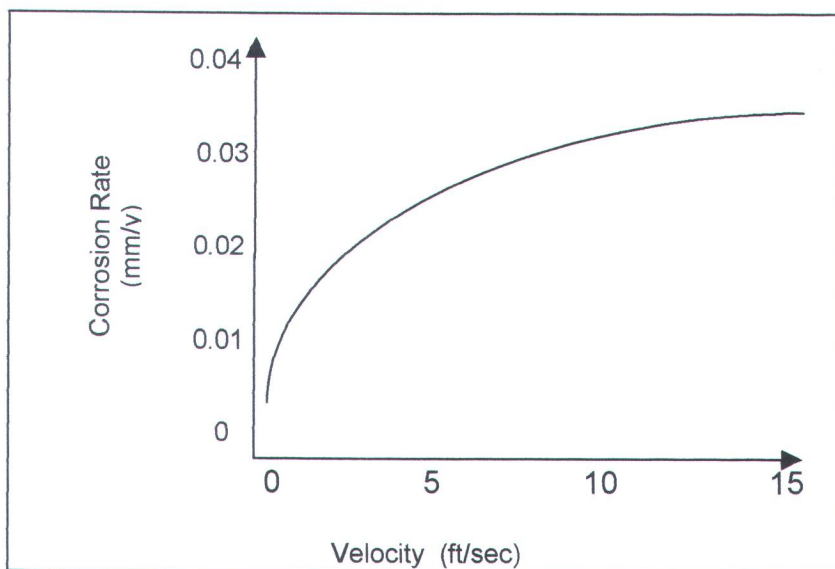
Temperatur berpengaruh sekali terhadap korosi peningkatan temperatur biasanya diikuti oleh peningkatan laju korosi, biasanya laju korosi meningkat hampir dua kali setiap kali temperatur naik 10°C . Tingginya temperatur juga berpengaruh terhadap konsentrasi oksigen mempunyai efek juga terhadap korosi logam. Akibat tingginya temperatur



Grafik 2.4. Efek dari temperatur terhadap korosi besi dalam air laut.

4. Kecepatan

Kecepatan dari gerakan air laut sangat berpengaruh terhadap laju korosi dari logam hal ini sebagai akibat pengaruh pertambahan reaksi oksigen dipermukaan logam. Dan mengakibatkan hilangnya selaput penghalang atau dari berbagai kasus akan terjadi pengikisan sel. Tingginya kecepatan akan mengakibatkan efek mekanik dan mempunyai



Grafik 2.5. Efek dari kecepatan air laut terhadap laju korosi besi.

2.4. KLASIFIKASI ALUMINIUM

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam yang mempunyai kekuatan tinggi tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik bangunan, transportasi dan alat-alat penyimpanan dan dengan ditemukan pengelasan busur listrik dengan gas mulia maka penggunaan aluminium berkembang pesat.

2.4.1. Berdasarkan Cara Pembuatan

Pembuatan berdasarkan klasifikasi ini dibagi menjadi dua yaitu paduan cor/tuang (*Casting alloys*) dan paduan kasar/tempa (*Wrought alloys*). Paduan tuang biasanya digunakan untuk komponen-komponen yang tidak memerlukan pekerjaan lanjutan sedangkan paduan kasar masih diperlukan pekerjaan lanjutan.

2.5.2. Berdasarkan perlakuan panas (Heat treatment)

Klasifikasi berdasarkan perlakuan panas untuk paduan aluminium dibagi menjadi dua yaitu pertama golongan yang dapat diolah panaskan (*head treatable*) suatu cara untuk memperbaiki sifat mekanisnya dengan pengolahan panas, sedangkan golongan yang tidak dapat diolah panaskan (*non head treatable*) yaitu suatu cara untuk memperbaiki sifat mekanik dengan pengerjaan biasa tanpa dipanasi.

2.5.3. Berdasarkan Unsur-Unsur Paduan

Berdasarkan klasifikasi paduan unsur-unsurnya ini aluminium dibagi menjadi tujuh jenis yaitu.

dan mampu potong dan hal kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah.

2. Al-Cu (seri 2000)

Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlakukan pemanasan dengan melalui pengerasan endapan atau penyepuan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak tetapi daya tahan korosinya rendah dibandingkan jenis paduan lainnya. Sifat mampu lasnya kurang baik karena jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralium (2024)

3. Al-Mn (seri 3000)

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlakukan pemanasan sehingga peningkatkan kekuatan hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Aluminium murni mempunyai sifat yang sama dalam hal tahan terhadap korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya dalam hal kekuatannya jenis paduan ini

sifatnya maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

5. Al-Mg (seri 5000)

Jenis ini termasuk yang tidak diperlakukan pemanasan tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan terhadap korosi terutama korosi oleh air laut dan dalam hal sifat mampu lasnya paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair atau oksigen cair.

6. Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan pemanasan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

7. Al-Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk yang dapat diperlakukan pemanasan. Biasanya

akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik dari pada paduan dasar Al-Zn. Disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan alamiah.

2.5. KOROSI ALUMINIUM

2.5.1 Korosi Aluminium di Air Laut

Aluminium mempunyai sifat material yang baik yaitu ringan, kuat dan tahan terhadap korosi bila digunakan dalam bidang engineering dan konstruksi. Untuk konstruksi dalam air laut aluminium digunakan dalam bangunan kapal dan bangunan laut (*offshore*). Secara umum sifat tahan terhadap korosi dari aluminium dan campurannya ketika berada dipermukaan dan tercelup dalam air laut tetapi ada beberapa campuran yang mudah terkorosi.

Aluminium dan campurannya adalah metal yang sangat reaktif terhadap pengikatan oksigen dan hasil reaksi tersebut membentuk selaput penghalang atau selaput oksida seperti dalam reaksi dibawah ini

serangan oksigen lebih lanjut. Bagian tersebut merupakan penghalang terhadap korosi yang sangat penting dalam penggunaan aluminium.

Aluminium merupakan material yang tahan terhadap korosi sebab dilindungi oleh oksida tipis dipermukaannya tetapi jika pH dari air laut diluar batas 4.5-8.5 dan itu merupakan problem dari kondisi air laut misalnya jumlah kandungan alkalin tinggi maka akan terjadi serangan pada oksida dan itu akan mengakibatkan korosi juga. Hal ini juga terjadi bila ada serangan dari ion klorid yang terdapat dalam air laut.

2.5.2. Jenis-Jenis Korosi Aluminium di Air Laut

Ada beberapa jenis korosi aluminium dalam air laut menurut buku (K. A Chandler, 1985).

1. Korosi Galvanik (Bimetallic Corrosion)

Koros ini diakibatkan oleh perbedaan potensial yang dimiliki oleh beberapa campuran aluminium jika dikopel sehingga terjadi aliran elektron dalam media elektrolit. Biasanya aluminium bersifat anoda terhadap konstruksi yang berasal dari besi sedang magnesium dan zink bersifat anoda terhadap

kebanyakan aluminium digunakan sebagai proteksi katodik dari besi, sehingga pengetahuan korosinya hampir sama dengan korosi besi. Kondisi air laut yang bersifat alkalin dalam kedalaman tertentu akan mempercepat laju korosi dan untuk menghambat digunakan magnesium sebagai proteksi katodik. Mekanisme kerja korosi galvanik dalam air laut sama seperti yang dijelaskan dalam sub bab diatas.

2. Stress Corrosion Cracking

Aluminium tertentu seperti campuran Al-Mg dan Al-Mg-Zn-Cu mempunyai tegangan tinggi dalam proses pembuatan dan bilah type heat treatmen yang digunakan dalam kondisi dingin maka mudah sekali mengalami Stress Corrosion Cracking

Proses mekanisme terjadinya Stress Corrosion Cracking adalah terjadinya keretakan akibat adanya tegangan tarik dalam media korosif. Stress Corrosion Cracking dibedakan menjadi dua yaitu intergranular pergerakan peretakan sepanjang grain

3. Intercrystalline Corrosion

Dalam proses pembuatan material akan mengalami metalurgi sebab perlakuan panas dan akan menghasilkan endapan pada daerah batas butir dimana dalam lokasi endapan tersebut muda terkena korosi intergranular dan apabila proses tersebut dilakukan pada suhu ditambah dengan distribusi intergranular yang banyak maka terjadilah korosi intercrystalline. Korosi tersebut akan lebih cepat jika dalam lingkungan air laut yang mempunyai kandungan clorid yang tinggi.

Mekanisme korosi korosi intercrystalline adalah merupakan proses korosi intergranular yang terjadi pada daerah tertentu dengan penyebab grain boundary sebagai akibat kekosongan unsur/elemen pada kristal ataupun impurities dari proses casting.

4. Pitting Corrosion

Dari kebanyakan serangan korosi dari beberapa aluminium didalam air laut adalah korosi titik (*Pitting Corrosion*)

Aluminium bilah terdapat dalam kondisi air laut maka akan menjadi efek pengrusakan permukaan aluminium apalagi jika didalam air laut terdapat kandungan clorida yang tinggi serta dalam kedalam air laut dan terbentuk acid maka selaput pelindung akan tergores dan menjadi titik-titik lubang yang mengakibatkan korosi.

2.6. CACAT LOGAM

Kita mempunyai kecenderungan untuk mengandaikan bahwa ketika logam membeku mempunya struktur kisi kristal yang sangat tertata tetapi dalam proses sebuah pembuatan logam jarang mempunyai komposisi atau struktur yang betul-betul seragam baik ditinjau secara makroskopik maupun mikroskopik, sehingga logam mengalami cacat yang dapat dijumpai dalam struktur logam. Cacat adalah bentuk penyimpangan dari kisi-kisi kristal sempurna dan adanya cacat bisa menguntungkan dan bisa merugikan terhadap rekayasa logam, sebagai contoh gerak dislokasi mendatangkan sifat mulur yang bermanfaat namun dipihak lain cacat volume seperti retak misalnya menyebabkan logam patah ketika

tersebut dapat mengakibatkan perubahan bentuk yang tidak tanggung-tanggung pada butir-butir serta retak atau patah pada bagian kisi yang semula sempurna. Juga cacat-cacat logam sebagai akibat perlakuan termal proses pengelasan pada daerah sekitar panas (*HAZ*) dan semua proses pemanasan dan pendinginan sama dengan proses pabrikasi.

2.6.1 MACAM-MACAM CACAT LOGAM

1. Cacat Titik

Cacat ini lebih dikenal sebagai cacat atom tunggal dan peranannya dalam proses teori paduan untuk menyempurnakan sifat-sifat mekanik logam. Cacat ini juga mempunyai peranan penting dalam mekanisme korosi dan cacat ini dibagi menjadi tiga:

a. Cacat Kekosongan (*Vacancy*)

Yaitu hilangnya sebuah atom pada kedudukannya pada kisi.

b. Cacat Substitusi (*substitutional defect*)

Yaitu adanya atom asing yang menempati suatu kedudukan pada kisi yang semestinya diisi oleh atom tuan rumah.

c. Cacat Intertisi (*interstitial defect*)

2. Cacat Garis

Cacat ini terjadi didalam struktur butir ketika bidang-bidang atom tidak menempati kedudukan sempurna pada kisi. Cacat ini dibagi menjadi dua :

a. Dislokasi tepi (Edge dislocation)

Yaitu adanya sebuah bidang atom tidak sempurna diantara dua bidang lainnya.

b. Dislokasi ulir (Screw dislocation)

Yaitu adanya bidang yang menyerong sedikit sehingga tidak searah lagi dengan bidang-bidang terdekat.

3. Cacat Volume

Cacat yang mempengaruhi logam pada skala makroskopik dan volume logam tidak bersesuaian dengan struktur keseluruhan bahan sejenis yang terbentuk sempurna. Cacat ini dibagi menjadi tiga

a. Renik (Voids)

Cacat ini berupa rongg-rongga kecil dalam bahan yang mungkin disebabkan terjebaknya udara, pelepasan gas selama proses penuangan logam atau adanya butir-butir embun yang menguap

b. Retak (Crack)

Yaitu akibat tidak meratanya pendinginan dan timbul tegangan-tegangan didalam cetakan, retak juga terjadi akibat penempaan serta pada daerah dekat dengan las-lasan.

c. Inklusi

Yaitu terjebaknya partikel-partikel asing didalam padatan yang bukan bagian dari struktur kristal logam itu sendiri.

2.7. POLARISASI

Sejak dahulu penyebab terjadinya korosi galvanik adalah perbedaan potensial antara katoda dan anoda, penjelasan ini sangat penting untuk menggambarkan terjadinya korosi tetapi belum dapat menggambarkan laju korosi yang sebenarnya. Laju korosi yang terjadi juga dinyatakan tergantung pada kerapatan arus yang timbul (*current density*), semakin tinggi kerapatan arus yang timbul maka korosi semakin hebat dan sebaliknya karena kedua fenomena itulah korosi dapat disimpulkan dengan pemakaian diagram tegangan fungsi arus yang selanjutnya disebut teknik polarisasi (*KR. Trethewey dan Chamberlain,*

lewat (*overvoltage*) dan potensial lewat (*overpotential*). Simbol yang digunakan untuk polarisasi adalah η . Polarisasi merupakan parameter korosi luar biasa penting yang memungkinkan kita membuat pertanyaan-pertanyaan tentang laju korosi.

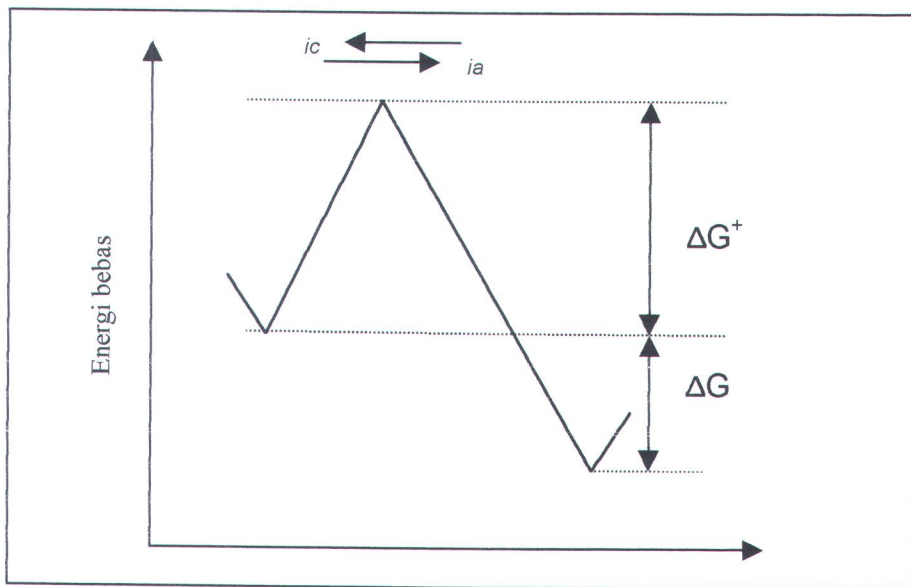
Perhatikan jika tembaga dimasukkan kedalam larutan natrium klorida maka kita bisa menuliskan persamaan di bawah ini



Dalam keadaan setimbang, laju reaksi maju (reaksi anoda) adalah ia dan ini sama dengan laju reaksi mundur (reaksi katoda) ic . Ingat bahwa $io = ia = -ic$ biasanya kita menganggap konsentrasi reaktan logam padat untuk reaksi sebagai tetapan dan kita akan menggabungkan suku tadi kedalam sebuah tetapan baru Ao . Jadi yang diamati adalah reaksi maju yang energi bebas aktivasiya adalah ΔG^+ dan dapat dituliskan persamaan

$$ia \text{ (pada kesetimbangan) } = io = Ao \exp (-\Delta G^+/RT)$$

Jika reaksi maju lebih cepat dibanding reaksi mundur ($ia > -ic$) dan proses korosi berlangsung secara menyeluruh kesetimbangan menjadi rusak dan energi bebas logam berada pada tingkat berlainan dengan energi bebas ionnya, maka polarisasi atau penyimpangan dari potensial



Gambar 2.3 Profil energi untuk tembaga dalam air murni $ia > -ic$

(KR. Trethewey dan Chamberlain, 1991)

Jika polarisasi keseluruhan adalah η maka kita dapat mendefinisikan polarisasi anoda sebagai $\alpha\eta$ dan polarisasi katoda sebagai $(1 - \alpha)\eta$. Perhatikan bahwa dalam gambar 2.3. polarisasi telah dikonversikan ke dalam energi melalui perkalian dengan faktor zF seperti dalam persamaan Faraday. Ini memungkinkan kita menetapkan energi aktivasi untuk reaksi anoda yang tidak lain adalah $(\Delta G^+ - \alpha\eta zF)$

Demikian pula perhatikan bahwa energi aktivasi kation ketika M^{z+} diubah menjadi M yakni reaksi katoda telah bertambah sebesar $(1 - \alpha)\eta zF$ disini kita membahas dulu reaksi anoda.

$$i_a = i_o \exp (\alpha \eta zF / RT)$$

Sekarang kita misalkan $A' = \alpha zF / RT$

$$i_a = i_o \exp (\eta A')$$

Kalau kita ambil algoritma

$$\ln i_a = \ln i_o + \eta A'$$

Dengan cara mengatur persamaan

$$\ln (i_a / i_o) = \eta A'$$

dikoversikan kedalam algoritma basis 10

$$\eta = [2.303 / A'] \log (i_a / i_o)$$

Misalkan $\beta_a = [2.303 / A']$ atau sama dengan $\beta_a = 2.303 RT / \alpha zF$

dan selanjutnya kita bisa mendapatkan polarisasi untuk anoda

$$\eta_a = \beta_a \log (i_a / i_o)$$

pendekatan serupa juga dapat diterapkan pada reaksi katoda dan akan menghasilkan persamaan yang sama kecuali bahwa i_a dan subkrip a akan diganti c serta harga β mengacu pada reaksi katoda

i_a = laju reaksi maju reaksi anoda

i_c = laju reaksi mundur reaksi katoda

i_o = Arus dalam keadaan kesetimbangan

Bisa ditulis dalam bentuk

$$\eta = C \log i + D$$

Persamaan diatas dikenal sebagai persamaan Tafel penurunan persamaan untuk polarisasi anoda .

$$\eta_a = \beta_a \log i_a - \beta_a \log i_o$$

Kalau kita menguji persamaan Tafel dalam bentuknya yang digunakan dalam persamaan diatas kita akan segera mendapatkan bahwa grafik η terhadap $\log i$ untuk kedua proses akan menghasilkan sebuah grafik lurus dengan kemiringan sama dengan nilai tetapan η yang bersangkutan. Titik potong D yang nilai sama dengan $-\beta \log i_o$, dengan arus pertukaran berupa berupa suatu tetapan untuk bahan tertentu dalam elektrolit tertentu. Sebagai contoh untuk persamaan tafel yang diekspresikan dalam bentuk grafik kita menggunakan cara yang ditempuh oleh Stern dan Geary. Untuk memplot variasi polarisasi terhadap $\log i$ baik untuk reaksi anoda maupun katoda kita perlu menetapkan dahulu harga-

ilah diplotkan seperti dalam gambar 2.4 (a) jadi sebagai contoh bila $i_a = 0,01$ maka $\eta=0$ ini hanya berlaku untuk $i_c = 0,01$. Ingat kita sedang memplot $\log i$, bukan $\log i/i_o$ variasi polarisasi anoda membentuk garis (a) sedang variasi polarisasi katoda membentuk garis (i_c).

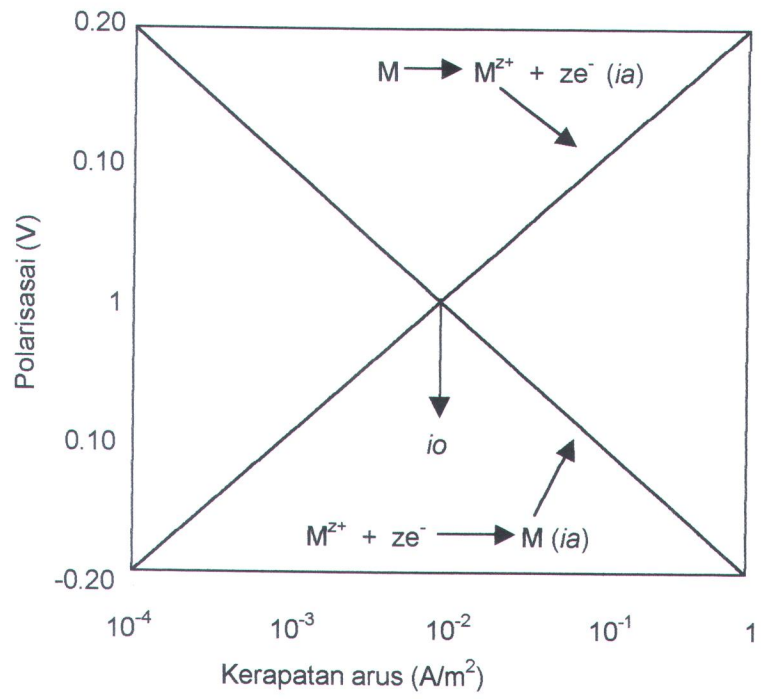
Apabila elektroda terpolasi anoda hingga +100 mV kerapatan arus anoda 0.1 A/m^2 sementara kerapatan arus anoda turun hingga $0,001 \text{ A/m}^2$. Karena itu kita bisa mengukur beda antara arus anoda dan katoda maka arus yang diukur adalah

$$i_{\text{ukur}} = i_a - i_c$$

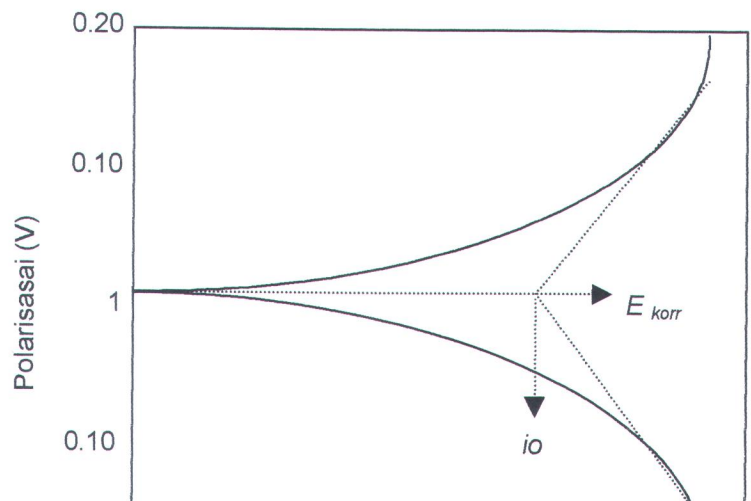
Kita masukkan kedalam persamaan

$$\eta_a = \beta_a \log [(i_{\text{ukur}} + i_c) / i_o]$$

elas bahwa bila $i_{\text{ukur}} \gg i_c$ maka percobaan akan menunjukkan perilaku pengeplotan Tafel linier. Bagaimanapun ketika polarisasi mendakai E_{kor} yakni bila i_a kurang lebih sama dengan i_o , maka harga kerapatan arus terukur akan jauh meninggalkan harga i_a yang sejati dan kita akan mendapatkan penyimpangan yang besar sekali dari perilaku linier. Argumen-argumen yang sama berlaku baik apabila polarisasi anoda maupun polarisasi katoda seperti dalam gambar 2.4. (b). Jadi kalau kita



Gambar 2.4. (a) Pengeplotan tafel teoritis



Dalam hal ini kita masih bisa menetapkan harga i_o melalui ekstrapolasi terhadap bagian-bagian linier pada hasil pengeplotan polarisasi. Dan untuk mengetahui reaksi korosi atau laju korosi i_o sering diganti dengan simbol i_{korr} (kerapatan arus korosi) sebab dalam praktek kondisi kesetimbangan tidak mungkin dicapai permukaan logam.

Dalam hal sebenarnya permukaan senantiasa bertindak sebagai kumpulan besar anoda katoda yang sangat kecil dan korosi berlangsung dengan laju sebesar kerapatan arus anoda i_a dan sama dengan kerapatan arus pertukaran i_o . Dan ini cara yang paling sederhana untuk mengkuantifikasikan laju korosi sesungguhnya dalam kondisi terkorosi bebas.

8. LAJU KOROSI

Perhitungan laju korosi diperoleh dengan menggunakan metode elektrokimia teknik polarisasi. Laju korosi ini diperoleh dengan cara mengukur jumlah elektron yang diasumsikan dengan besarnya arus yang melewati logam tersebut, misal suatu logam dengan valensi z , densitas ρ (g/m^3), dan besarnya yang terkorosi secara merata di seluruh permukaan

Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan
orang yang tidak mengetahui ?” sesungguhnya orang
yang berakallah yang dapat menerima pelajaran. (Q.S
Az-Zumar : 9)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

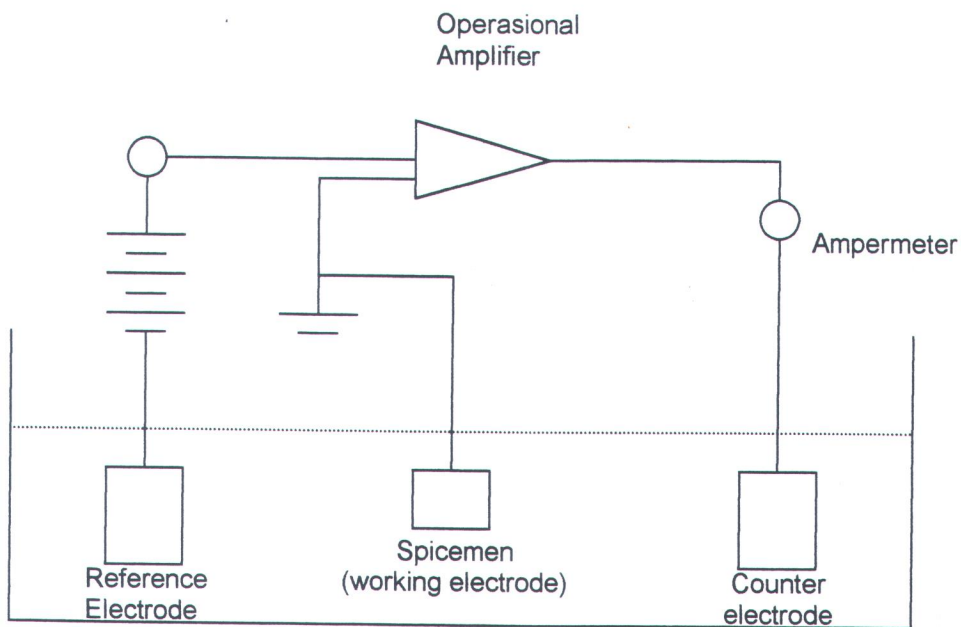
PERALATAN PENELITIAN

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini sesuai dengan peralatan yang ada di *Annual Book of ASTM, 1994* disebut *potensiostat*, sesuai dengan peralatan yang ada di buku (*KR. Trethewey dan J. mberlain, 1991*) selanjutnya alat itu disebut *sel tiga elektroda* karena menggunakan tiga buah elektroda yaitu elektroda pembantu (*reference electrode*), elektroda acuan (*conter electrode*), dan elektrod kerja (*ing electrode*), dan rangkaian alat dapat dilihat paba gambar 3.1. Alat but mempunyai kemampuan untuk mengatur beda potensial serta bandingkan potensial yang akan diukur dan potensial yang diatur.

angan gambar

elektrode pembantu (*reference electrode*)

butan ini diberikan kepada elektrode kedua dimaksudkan khusus



Gambar 3.1. Petensiostat sederhana

Elektrode kerja (working electrode)

Ini sebutan yang diberikan untuk elektrode yang sedang diteliti dan hasil pengukuran arus nantinya dapat digunakan dalam perhitungan.

Elektrode kerja dapat disiapkan dalam berbagai cara salah satu diantaranya adalah cukup dengan memasang sebuah spesemen kecil elektrolit sebagai logam yang akan diteliti dengan luas permukaan yang telah ditentukan.

Elektrode acuan (counter electrode)

dalam reaksi sel dan potensialnya tidak lagi konstan. Oleh karena itu elektroda acuan yang paling praktis adalah elektrode kolomel jenuh.

komponen – komponen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Sebuah alat pengukur arus yang dapat dibaca hingga miliamper atau mikroamper.

Sebuah alat pengukur potensial selama pengukur alat ini tidak boleh teraliri arus listrik, sehingga peralatan model yang memenuhi persyaratan adalah potensiometer.

Sebuah sumber potensial yang akan bertindak sebagai penggerak elektroda kerja, sedemikian sehingga reaksi sel yang dikehendaki dapat berlangsung. (KR. Trethewey dan J. Chamberlain, 1991).

peralatan diatas untuk memperlancar penelitian ini juga digunakan bahan tambahan yang dapat mendukung peralatan sebelumnya

- Kertas gosok
- Beaker gelas
- Timbangan gram

2 BAHAN PENELITIAN

Penelitian uji laju korosi menggunakan material yang digunakan lambung kapal FPB 28 yaitu aluminium, dan medium pengkorosi yaitu larutan garam NaCl yang merupakan senyawa terbesar dalam air laut. Untuk lebih jelasnya mengenai bahan penelitian tersebut akan dijelaskan lebih lanjut di bawah ini, material tersebut adalah :

1. Material Uji

Material yang digunakan adalah aluminium (AlMg) 5000 yang dipakai dalam pembuatan kapal FPB 28 untuk lambung kapal yang merupakan material ringan dan merupakan jenis campuran aluminium tidak dapat diperlakukan pemanasan (*Non-heat treatable*) sehingga proses pengelasannya lebih mudah dibandingkan dengan yang lain dengan komposisi kimia sebagai berikut:

Kandungan	Si	Mg	Mn	Cu	Cr	Zn
%	0,4	4,0 – 4,9	0,1 – 0,4	0,05 – 0,25	0,1	0,25

2. Medium pengkorosif

Medium pengkorosi digunakan dalam larutan garam NaCl karena dalam penelitian laju korosi ini berlangsung di dalam air laut. Dan senyawa yang terbesar yang terlarut dalam air laut adalah garam NaCl. Bila garam NaCl dimasukkan kedalam air maka zat tersebut akan menghasilkan medium yang korosif dan sangat agresif, atom-atom natrium dan klorida telah menjadi ion-ion dan reaksi keduanya mengungkapkan kenyataan penting tentang semua ion yaitu bermuatan listrik dan mempunyai sifat yang berbeda dari masing-masing ionnya. Untuk menjelaskan peristiwa tersebut bisa dituliskan persamaan



Seperti dalam setiap persamaan ruas kiri dan ruas kanan harus seimbang baik dalam massa maupun listriknya, dan apabila ionik tersebut dimasukkan kedalam air maka ion-ionnya memisahkan diri dan menyebar secara acak diantara molekul-molekul air, berapapun banyaknya garam yang dilarutkan kedalam air. Ion-ion tersebut akan mudah bereaksi dengan ion-ion lain yang ikut

PROSEDUR PENGUJIAN

Dalam penelitian yang kita lakukan untuk mengetahui laju korosi dengan menggunakan metode elektrokimia teknik polarisasi dapat dibagi menjadi berbagai tahapan-tahapan dan masing-masing tahapan mempunyai prosedur yang berbeda-beda tergantung dari proses dari tahapan. Dibuatlah tahapan-tahapan ini supaya mudah dalam memperoleh data guna menentukan variabel yang digunakan untuk menghitung laju korosi. Untuk jelasnya tahapan-tahapan dalam pengujian dilihat secara rinci sebagai berikut.

1. Persiapan material uji

Mempersiapkan material uji merupakan langkah dan tahapan awal dari percobaan. Adapun langkah-langkah selama tahap persiapan spesimen dapat dibagi dalam berbagai bagian, yaitu sebagai berikut :

- a) Membuat spesimen untuk bahan pengujian sebagai elektroda kerja. Untuk material uji digunakan aluminium type AlMg 5000 sesuai dengan material

mm x 50 mm x 4 mm sebanyak 3 buah Dan kondisi las-lasan dengan dimensi ukuran 20mm x 50mm x 4 mm sebanyak 3 buah.

- c) Kemudian dilakukan penghalusan dengan menggunakan amplas dengan ukuran amplas yang berbeda guna menentukan material benar-benar halus setelah itu dicuci kemudian material dikeringkan hingga kerig betul.
- d) Material siap dilakukan pengujian.

2. Persiapan larutan

Tahapan kedua dalam mengadakan percobaan ini adalah mempersiapkan larutan yang merupakan larutan sebagai media pengkorosif. Sesuai dengan judul maka larutan yang digunakan adalah larutan garam NaCl yang merupakan kesamaan dari air laut dengan konsentrasi atau selanjutnya disebut salinitas tertentu. Sedang langkah-langkah dalam tahap ini adalah

- a) Membuat larutan NaCl dengan cara mencampurkan garam dapur (NaCl) padat kedalam air.

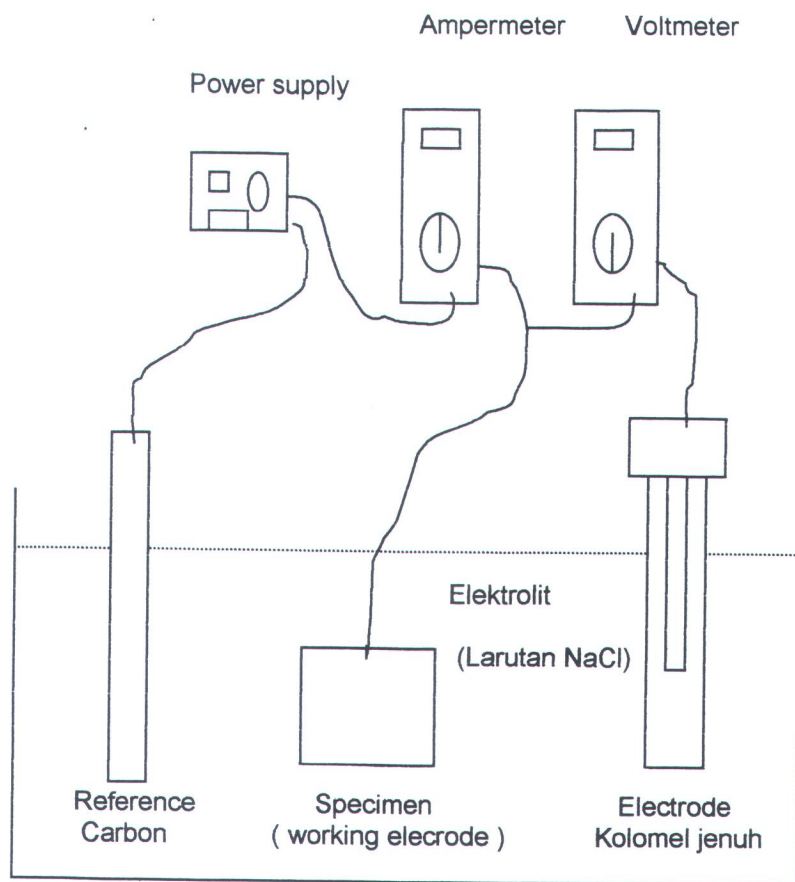
3. Persiapan peralatan

Merupakan tahapan ketiga yaitu mempersiapkan peralatan sesuai dengan standar (*Annual Book of Standards Part 10, Volume 03.02 1994*) atau rangkaian sel tiga elektroda (KR. Trethewey dan J. Chamberlain, 1991). Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan peralatan sesuai dengan standar diatas seperti dalam gambar 3.2.
- b) Meletakkan material uji kedalam peralatan sel tiga roda dan diletakkan di elektroda kerja (working electrode) satu persatu sebanyak material yang akan diuji.
- c) Lama masing-masing percobaan disesuaikan dengan kemampuan arus untuk mencapai maksimal sampai arus mencapai harga optimal.
- d) Dan alat siap dilakukan percobaan.

4. Proses Percobaan dan Pengukuran

Setelah persiapan dari tahapan-tahapan seperti yang diuraikan diatas yaitu material, larutan dan peralatan dari



Gambar 3.2 Rangkaian alat sel tiga elektroda

1. Percobaan pengaruh salinitas dilakukan sebanyak 9 percobaan. dan masing-masing salinitas 30, 35 dan 40 sebanyak 3 percobaan.
2. Percobaan pengaruh luasan sebanyak 3 percobaan dengan

Pengukuran dilakukan setelah percobaan dimulai dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Peralatan percobaan diatur sedemikian rupa sehingga volt meter menunjukkan angka -750 mV kemudian dilihat arus yang lewat di ampermeter dan dicatat.
2. Kemudian potensialnya dinaikkan sebesar 50 mV dan ditunggu beberapa saat kemudian dilihat dan dicatat arus yang lewat di ampermeter.
3. Demikian seterusnya sampai potensial mencapai angka 750 mV.

5. Pembuatan grafik

Kemudian arus yang timbul dicatat dan disusun dalam tabel dengan urutan sebagai berikut:

1. Dibuat tabel nilai dari polarisasi (*potensial mV*) dan arus yang timbul i_a dan i_c .
2. Membagi arus dengan luas permukaan (i/A).
3. Menglogaritmakan (i/A).

*kesungguhya Allah tidak meroba keadaan suatu kaum
sehingga mereka meroba keadaan yang ada pada diri
mereka sendiri. (Q.S Ar-Ra'd : 11)*

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam penulisan tugas akhir kami membuat analisa korosi dengan melihat laju korosi aluminium yang digunakan lambung kapal FPB 28 terhadap air laut. Karena air laut merupakan senyawa yang kompleks dan banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungan disekitarnya yang setiap saat berubah. Air laut merupakan larutan senyawa dari berbagai unsur dalam alam yang masing-masing mempunyai sifat yang berbeda terhadap aksi pada lingkungannya terutama unsur yang terbesar dalam air laut yaitu garam NaCl, dimana berbagai macam persoalan reaksi korosi yang terjadi bila logam dimasukkan kedalam air laut, pengaruh kandungan garam NaCl sangat penting. Untuk itu maka dalam analisa data percobaan kami mencoba untuk membahas pengaruh konsentrasi garam NaCl (*salinitas*) dalam air laut dan untuk logamnya sendiri adalah pengaruh banyaknya luasan dan perlakuan termal akibat pengelasan.

Karena laju korosi suatu logam adalah merupakan laju reaksi kimia

1.1. ANALISA LAJU KOROSI

Setelah dilakukan percobaan untuk menghitung arus yang melewati elektroda kerja dengan elektrode acuan yang merupakan harga yang dibandingkan dengan jumlah elektron yang mengalir diantara kedua elektroda tersebut. Dengan cara metode elektrokimia teknik polarisasi seperti yang dijelaskan diatas hasil pengukuran didapatkan i_0 yang karena dalam proses merupakan jumlah kerapatan arus pertukaran arus anoda dan katoda yang melewati elektroda maka akan didapatkan i_{kor} . Dan i_{kor} selanjutnya digunakan dalam perhitungan laju korosi.

Pengukuran laju korosi kita melihat jumlah elektron yang melewati logam dan elektroda acuan sebagai dasar penentuan diperoleh i_{kor} . Salkan suatu logam dengan valensi z . densitas ρ (kg/m^3), yang mengalami korosi secara merata diseluruh permukaan dengan kerapatan arus i_{kor} (A/m^2), maka perhitungan laju korosi sebagai berikut :

Untuk logam seluas 1 m^2 banyaknya coulomb yang akan lewat dalam setahun adalah.

$$i_{kor} \times 60 \times 24 \times 365 = 3.154 \times 10^7 \times i_{kor}$$

tu mol logam dengan valensi z yang berubah menjadi ion

atau banyaknya mol diganti kedalam kilogram (kg), maka banyaknya kg yang hilang per m^2 setiap tahunnya adalah

$$= (326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{\text{kor}}) / (z)$$

atau logam mempunyai kerapatan sebesar ρ (kg/m^3), maka jika massa yang hilang ρ (kg/m^3), maka kedalaman penetrasi adalah 1m (1000 mm).

Dengan demikian penetrasi atau laju korosi yang sesungguhnya adalah :

$$V = \{ (326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{\text{kor}}) / (z \times \rho \times) \} \times 1000$$

$$V = (326,8 \times M \times i_{\text{kor}}) / (z \times \rho) \text{ mmpy}$$

(KR. Trethewey dan Chamberlain, 1991)

mana :

V = Laju korosi (mmpy)

M = Berat molekul logam terkorosi (g/mol)

z = Elektrovalensi logam terkorosi

ρ = Densitas logam terkorosi (kg/m^3)

Untuk lebih jelasnya akan diberikan contoh hasil data percobaan
 n cara menentukan nilai dari i_{kor} dari grafik hubungan antara $\log (i/A)$
 ngan potensial yang diberikan untuk mengetahui laju korosi atau

sebagai ordinat dan potensial sebagai absis. Nilai dari i_a dan i_c dibagi dengan luasan permukaan yang tercelup dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Ukuran material 2 cm x 5 cm x 0.4 cm

$$\begin{aligned} &= (0.02 \times 0.05) \times 2 + (0.05 \times 0.004) \times 2 + (0.02 \times 0.004) \times 2 \\ &= 0.00256 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Ukuran material 4 cm x 5 cm x 0.4 cm

$$\begin{aligned} &= (0.04 \times 0.05) \times 2 + (0.05 \times 0.004) \times 2 + (0.04 \times 0.004) \times 2 \\ &= 0.00472 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari nilai luas permukaan kemudian dibagi dengan arus i_a dan i_c maka ditemu nilai i/A kemudian di logaritma menjadi $\log i/A$, seperti nampak dalam tabel 4.1 dibawah dan dibuat grafik hubungan antara logaritma i/A dengan polarisasi kemudian dibuat garis yang menyinggung garis arus seperti dalam proses pengeplotan tafel (*KR. Trethewey dan Amberlain, 1991*), maka akan diperoleh i_{kor} seperti nampak dalam grafik 4.1.

$$i_{kor} = 0.220 \text{ (A/m}^2 \text{)}$$

$$M = 26.9815 \text{ (g/mol)}$$

Tabel 4.1 Data percobaan dan perhitungan

 i_{korr} material aluminium dengan salinitas 30

V (mV)	Data Percobaan		i/A	Log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m ²)	
-750	10.758	0.010758	4.202344	0.6235
-700	10.125	0.010125	3.955078	0.5972
-650	9.439	0.009439	3.687109	0.5667
-600	8.678	0.008678	3.389844	0.5302
-550	8.025	0.008025	3.134766	0.4962
-500	7.425	0.007425	2.900391	0.4625
-450	6.877	0.006877	2.686328	0.4292
-400	6.245	0.006245	2.439453	0.3873
-350	5.413	0.005413	2.114453	0.3252
-300	5.328	0.005328	2.081250	0.3183
-250	4.968	0.004968	1.940625	0.2879
-200	4.458	0.004458	1.741406	0.2409
-150	4.219	0.004219	1.648047	0.2170
-100	3.112	0.003112	1.215625	0.0848
-50	2.257	0.002257	0.881641	-0.0547
0	0	0	0	0
50	1.826	0.001826	0.713281	-0.1467
100	2.854	0.002854	1.114844	0.0472
150	3.741	0.003741	1.461328	0.1647
200	4.052	0.004052	1.582813	0.1994
250	4.319	0.004319	1.687109	0.2271
300	4.537	0.004537	1.772266	0.2485
350	4.881	0.004881	1.906641	0.2803
400	5.175	0.005175	2.021484	0.3057
450	5.546	0.005546	2.166406	0.3357
500	6.127	0.006127	2.393359	0.3790

Karena senyawa terbesar adalah NaCl maka untuk sementara kita mengambil atau menganggap air laut merupakan larutan NaCl.

Umumnya bicara mengenai larutan kita menggunakan istilah zat terlarut (*solute*) dan pelarut (*solvent*) biasanya pelarut digunakan adalah air dan umumnya zat yang terdapat dalam proporsi terbesar dalam larutan dan komponen keadaan fisiknya tidak berubah ketika larutan itu terbentuk dianggap sebagai pelarut. Karena kita mengenal bahwa perbandingan antara pelarut dengan zat terlarut tidak sama maka kita menggunakan istilah konsentrasi yaitu banyaknya zat yang terlarut dalam pelarut. Ada beberapa satuan konsentrasi yang digunakan untuk reaksi kimia antara lain molaritas dan molalitas.

Molaritas adalah banyaknya mol zat terlarut dalam larutan dibagi volume larutan dalam liter. Dan molalitas adalah banyaknya mol zat terlarut dalam terhadap massa pelarut dalam kilogram. Tetapi dalam penelitian korosi terhadap air laut kami menggunakan banyaknya kadar garam (NaCl) dalam gram per satu liter air laut. Dalam dunia kelautan kadar garam dalam air laut sering salinitas dan didefinisikan sebagai banyaknya kadar garam gram per kilogram. Untuk berbagai wilayah

dimana chlorinity adalah banyaknya ion Cl^- yang terdapat dalam air laut dan untuk chlorinity berkisar antara 18-20.

Tetapi ada juga yang menuliskan bahwa salinitas sebagai banyaknya kandungan garam (NaCl) dalam air laut dalam gram per liter. Yang dalam penulisannya misalnya 35 itu sama dengan melarutkan 35 gram NaCl kedalam air hingga volumenya satu liter maka salinitas 35 sama dengan 3,5% kandungan NaCl dalam satu liter air. Dan dalam penelitian ini maka dipakai cara kedua untuk mengetahui salinitas atau konsentrasi NaCl dalam air laut.

Dalam analisa konsentrasi NaCl dalam air laut yang dihubungkan dengan laju korosi adalah bahwa laju korosi merupakan laju reaksi kimia. Jika NaCl dimasukkan dalam air maka semakin besar konsentrasi maka ion dalam larutan akan semakin banyak dan mempunyai sifat-sifat yang berbeda. Atom-atom natrium dan klorida telah menjadi ion-ion dan reaksi keduanya mengungkapkan kenyataan penting tentang semua keadaan larutan yaitu merupakan larutan elektrolit, konduktivitasnya tinggi dan mempunyai sifat yang berbeda dari masing-masing ionnya. Untuk menjelaskan peristiwa tersebut bisa dituliskan persamaan

molekul air, berapapun banyaknya garam yang dilarutkan kedalam air. Ion-ion tersebut akan mudah bereaksi dengan ion-ion lain yang ikut larut dalam air.

Larutan NaCl merupakan larutan elektrolit kuat dimana bila suatu senyawa ion berdisosiasi dalam air maka ion-ion tersebut akan benar-benar seluruhnya bebas hal ini disebabkan karena produksi ion dalam larutan tidak terbatas pada senyawa ion tetapi disebabkan oleh banyaknya molekul yang bereaksi dengan air. Seperti contoh reaksi NaCl dalam air di atas maka NaCl akan terdisosiasi lengkap dalam larutan air atau lebih jelasnya 1 mol NaCl akan menghasilkan 1 mol Na^+ dan 1 mol Cl^- dan akan terdisosiasi secara sempurna. Dan inilah yang akan menimbulkan korosi.

2.2. Pengaruh Konsentrasi

Laju korosi suatu logam yang dimasukkan kedalam larutan elektrolit yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan merupakan suatu reaksi kimia sehingga perhitungannya menggunakan laju reaksi dari reaksi tersebut. Hal ini dapat digunakan juga apabila material aluminium



ari reaksi diatas maka laju reaksi dinyatakan sebagai laju perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi selama reaksi berlangsung volumenya adalah tetap maka laju reaksi dapat ditentukan sebagai berikut.

$$1/V_i * d(A_i)/dt = 1/V * \xi/dt$$

mana

V_i = Volume pada waktu (t)

A_i = konsentrasi pada waktu (t)

$d(A_i)/dt$ = perubahan konsentrasi pada waktu (t)

V = Volume dimana reaksi terjadi

n laju reaksi dinyatakan sebagai $d(A_i)/dt$. (Endang Purwanti, FMIPA S, 1986.).

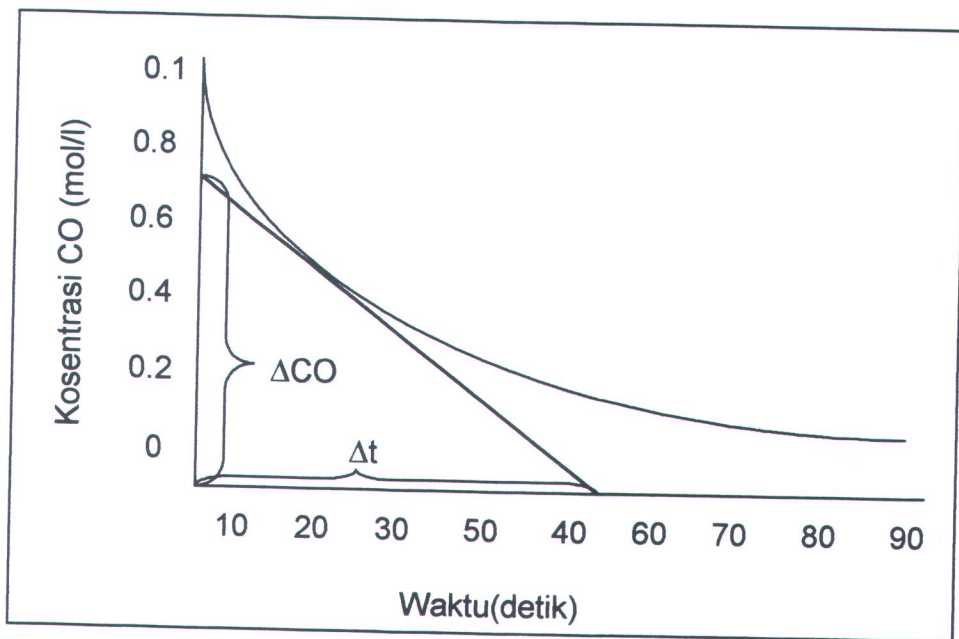
Laju reaksi juga bisa digambarkan seperti reaksi kimia antara gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) untuk itu maka dilihat ksinya dalam persamaan dibawah ini.



a ini dilakukan didalam temperatur yang tetap dengan volumenya yang k berubah dalam suatu analisis maka untuk konsentrasi karbon

terton, 1967) tersebut maka laju reaksi adalah merupakan slope dari perubahan konsentrasi terhadap perubahan waktu

$$\text{Laju reaksi} = - \text{Slope} = - \frac{\text{Perubahan konsentrasi dari CO, } \Delta \text{CO}}{\text{Jarak waktu, } \Delta T}$$



Grafik 4.2. Hubungan perubahan konsentrasi dengan waktu

reaksi kimia juga dipengaruhi oleh banyak faktor selain konsentrasi juga temperatur, katalis dan permukaan reaksi. (W. L. Masterton,

Analisa data dan percobaan membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi kandungan NaCl (*salinitas*) dalam air laut maka semakin besar laju korosinya. Seperti nampak dalam tabel 4.2 hasil perhitungan i_{kor} laju korosi dibawah.

Tabel 4.2 Nilai i_{kor} dan laju korosi untuk salinitas 30, 35 dan 40

Kandungan NaCl Salinitas	i_{kor} (A/m ²)	Laju Korosi	Laju korosi Rata-rata (mmpy)
30	0.220	0.2376	0.2592
	0.240	0.2592	
	0.260	0.2808	
35	0.315	0.3402	0.3367
	0.325	0.3510	
	0.295	0.3186	
40	0.600	0.6481	0.6085
	0.570	0.6157	

Nilai laju korosi didapat dari persamaan laju korosi

$$V = \{ (326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{kor}) / (z \times \rho) \} \times 1000 \text{ mmpy}$$

2.3 Pengaruh Luasan

Dalam percobaan juga dilakukan penelitian untuk luasan permukaan material yang berbeda dan dari hasil percobaan maka nilai i_{kor} sama untuk salinitas yang sama seperti nampak dalam tabel 4.3 dikarenakan perhitungan laju korosi adalah perhitungan pengurangan ketebalah material sehingga berapun luas permukaan nilai i_{kor} sama karena nilai dari ia da ic dibagi dengan luas permukaan.

Tabel 4.3 hasil nilai i_{kor} dan laju korosi untuk luasan permukaan dengan salinitas 35

No	Luasan permukaan Salinitas 35	i_{kor} (A/m ²)	Laju Korosi	Laju korosi Rata-rata (mmpy)
	0.00256 m ²	0.315 0.325	0.3402 0.3511	0.3367

eterangan dari Tabel :

Nilai i_{kor} didapat dari grafik hubungan antara log kerapatan arus (i/A) dengan polarisasi (mV) dalam lampiran B.

Nilai laju korosi didapat dari persamaan laju korosi

$$V = \{ (326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{kor}) / (z \times \rho) \} \times 1000 \text{ mmpy}$$

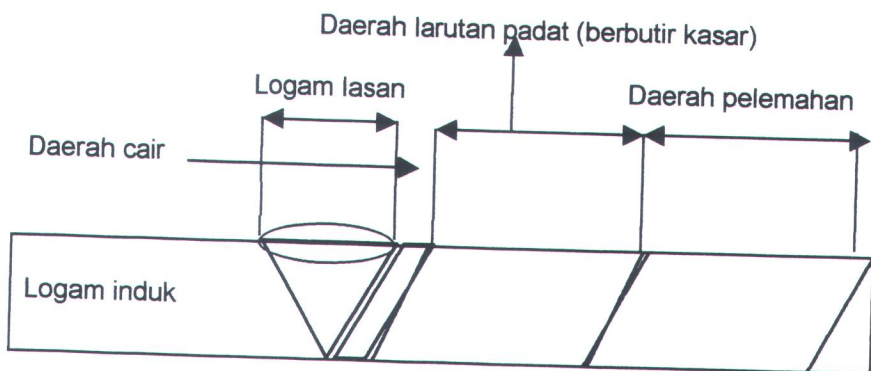
3. ANALISA CACAT LOGAM

Pada proses pembuatan kontruksi untuk penyambungan dengan pengelasan maka timbul daerah pengaruh panas HAZ (*head affected zone*) daerah pengaruh panan daerah HAZ adalah logam dasar yang sebelahhan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat rmping pembagian utama tersebut masih ada satu daerah khusus yang mbatasi antara logam las dan daerah pengaruh panas yang disebut as las.

Panas pengelasan pada aluminium akan menyebabkan pencairan

atas dapat disimpulkan bahwa makin besar masukan panas makin besar
a penurunan sifat-sifat yang baik.

Kalau dilihat dari struktur mikro daerah HAZ dari paduan yang
diperlakukan panaskan seperti dalam gambar 4.1 (Dr. Ir. Harsono
Yosimarto dan Dr. Toshie Okumura, 1981) dibawah:



Gambar 4.1 Struktur mikro daerah las dari paduan aluminium yang dapat
diperlakukan panaskan

a komposisi dari kimia dari sambunga las pada umumnya tidak
ata atau terjadi kerusakan struktur dari struktur semula hal ini
pakan cacat-cacat logam dari segi struktur kisi sebagai akibat proses
al dari pemanasan dan pendinginan seperti pemanasan

kan lebih cepat dibandingkan dengan kondisi biasa untuk salinitas yang sama seperti nampak pada hasil data dan perhitungan percobaan di bawah ini

Tabel 4.4 Nilai i_{korr} dan laju korosi untuk kondisi las-lasan dengan salinitas 35

No	Kondisi Salinitas 35	i_{korr} (A/m ²)	Laju Korosi	Laju korosi Rata-rata (mmpy)
I	Biasa	0.315	0.3402	0.3367
II		0.325	0.3510	
III		0.295	0.3186	
I	Las-lasan	0.410	0.4429	0.4267
II		0.395	0.4267	
III		0.380	0.4104	

terangan dari Tabel :

Nilai i_{korr} didapat dari grafik hubungan antara log kerapatan arus (i/A) dengan polarisasi (mV) dalam lampiran C.

Adakah sama orang buta dan yang dapat melihat, atau
apakah gelap gulita dan terang benderang; apakah
mereka menjadikan beberapa sekutu bagi Allah yang
dapat menciptakan seperti ciptaan-Nya sehingga kedua
ciptaan itu serupa menurut pandangan mereka?" (Q.S.
ar-Ra'd : 16)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Selesai sudah penulisan tugas akhir mengenai laju korosi material aluminium pada kapal FPB 28 dalam larutan garam NaCl dengan melihat pengaruh kandungan garam NaCl (*salinitas*) dalam air laut serta cacat logam. Untuk membuktikan dasar teori dan masalah yang dihadapi maka perlu dikemukakan hasil-hasil secara kongrit dari permasalahan-permasalahan yang timbul serta saran untuk dikemudian hari dijadikan acuan guna penelitian pengembangan selanjutnya.

1. KESIMPULAN

Setelah dilakukan percobaan dan perhitungan data yang diperoleh maka dapat diketahui perhitungan laju korosi dari aluminium yang digunakan sebagai lambung kapal FPB 28 dalam larutan NaCl, serta membandingkan pengaruh kandungan garam NaCl (*salinitas*) dalam air laut dan cacat logam akibat perlakuan termal dari pengelasan.

Nilai laju korosi aluminium dalam larutan NaCl

- Salinitas 30 = 0,2592 mmpy.
- Salinitas 35 = 0,3367 mmpy.
- Salinitas 40 = 0,6085 mmpy

2. Perhitungan terhadap luas permukaan tidak berpengaruh terhadap laju korosi karena yang diperhitungkan adalah pengurangan ketebalan.

Nilai laju korosi luas permukaan

- Luas $0,00256 \text{ m}^2$ salinitas 35 = 0,3367 mmpy
- Luas $0,00472 \text{ m}^2$ salinitas 35 = 0,3331 mmpy

3. Laju korosi pada aluminium juga akan lebih tinggi apabila mengalami cacat sebagai akibat perlakuan termal (*pengelasan*).

Nilai laju korosi kondisi las-lasan.

- Kondisi biasa salinitas 35 = 0,3367 mmpy
- Kondisi las-lasan salinitas 35 = 0,4267 mmpy

2. SARAN

Untuk kepentingan pengembangan pengetahuan dibidang

menentukan jumlah berat yang hilang dalam material aluminum sehingga dapat memperkirakan umur dari suatu material untuk sebuah intruksi serta metode penelitian ini juga dapat dipakai untuk penelitian material yang berbeda dengan larutan yang berbeda pula.

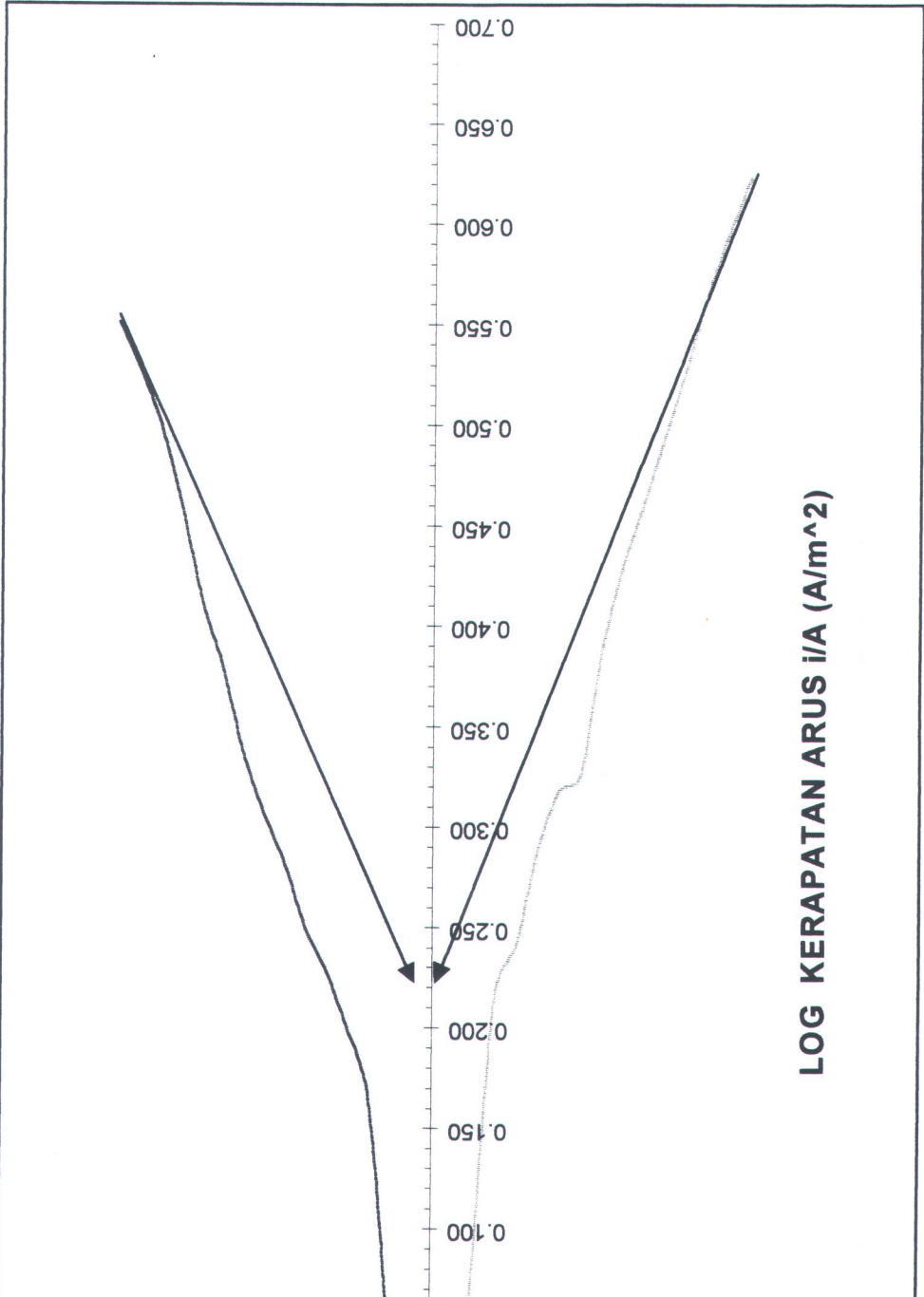
Untuk pengembangan selanjutnya dari tulisan ini akan lebih mengena terhadap permasalahan yang terjadi dari sebuah kapal adalah apakah kapal tidak diam tetapi bergerak sehingga harus diikutkan variabel atau faktor-faktor yang mempengaruhi terutama temperatur, pH dan kecepatan gerakan kapal atau gerakan fluidanya.

DAFTAR PUSTAKA

- KR. Trethewey dan J. Chamberlain, "*Korosi Mahasiswa dan Rekayasawan*" Gramedia, 1991.
- William L. Masterton And Emil J. Slowinski "*Chemical Principles*", W.B. Saunders Company, 1967.
- Kenneth A. Chandler, BSc, Ceng, FIM, ARSM, FCorr T. "*Marine And Offshore Corrosion*" Butter Worths, 1985.
- Herbert H. Uhlig And R. Wiatone Revie, "*Corrosion And Corrosion Control*", A. Wiley Inter Science, 1985
- James E. Brady, Aloysius Hadyana P, Ph.D And Suminar.A, Ph.D. "*Kimia Universitas*", Jilid 1, 1994.
- KR. Trethewey dan J. Chamberlain, "*Korosi Mahasiswa dan Rekayasawan*" Gramedia, 1991.
- Edited by A.J Down "*Chemisrty of Aluminium, Gallium, Indium And Thallium*", Blackie Academic & Profesional, 1993.
- Dr. Ir. Harsono, W dan Dr. Toshie Okumura, "*Teknologi Pengelasan Logam*" Pradaya penerbit, 1994.

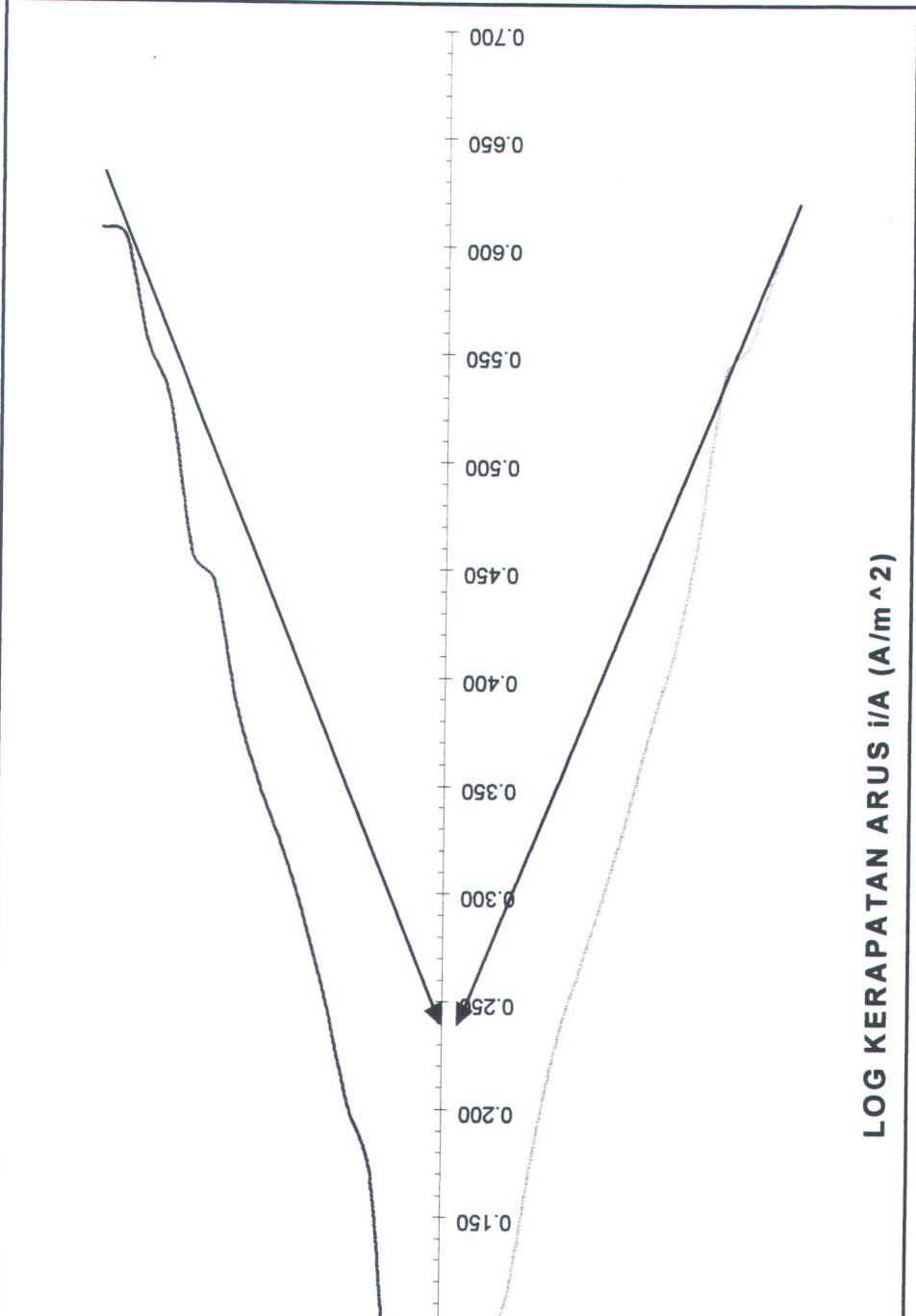
abel 6.1. Data percobaan dan perhitungan i_{kor} material aluminium dengan salintas 30

V	Data	Percobaan I	i/A	log (i/A)
mV)	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	10.758	0.010758	4.202344	0.6235
100	10.125	0.010125	3.955078	0.5972
150	9.439	0.009439	3.687109	0.5667
200	8.678	0.008678	3.389844	0.5302
250	8.025	0.008025	3.134766	0.4962
300	7.425	0.007425	2.900391	0.4625
350	6.877	0.006877	2.686328	0.4292
400	6.245	0.006245	2.439453	0.3873
450	5.413	0.005413	2.114453	0.3252
500	5.328	0.005328	2.081250	0.3183
550	4.968	0.004968	1.940625	0.2879
600	4.458	0.004458	1.741406	0.2409
650	4.219	0.004219	1.648047	0.2170
700	3.112	0.003112	1.215625	0.0848
750	2.257	0.002257	0.881641	-0.0547
800	0	0	0	0
850	1.826	0.001826	0.713281	-0.1467
900	2.854	0.002854	1.114844	0.0472
950	3.741	0.003741	1.461328	0.1647
1000	4.052	0.004052	1.582813	0.1994
1050	4.319	0.004319	1.687109	0.2271
1100	4.537	0.004537	1.772266	0.2485
1150	4.881	0.004881	1.906641	0.2803
1200	5.175	0.005175	2.021484	0.3057
1250	5.546	0.005546	2.166426	0.3257



Tabel 6.2. Data percobaan dan perhitungan I_{kor} material aluminium dengan salintas 30

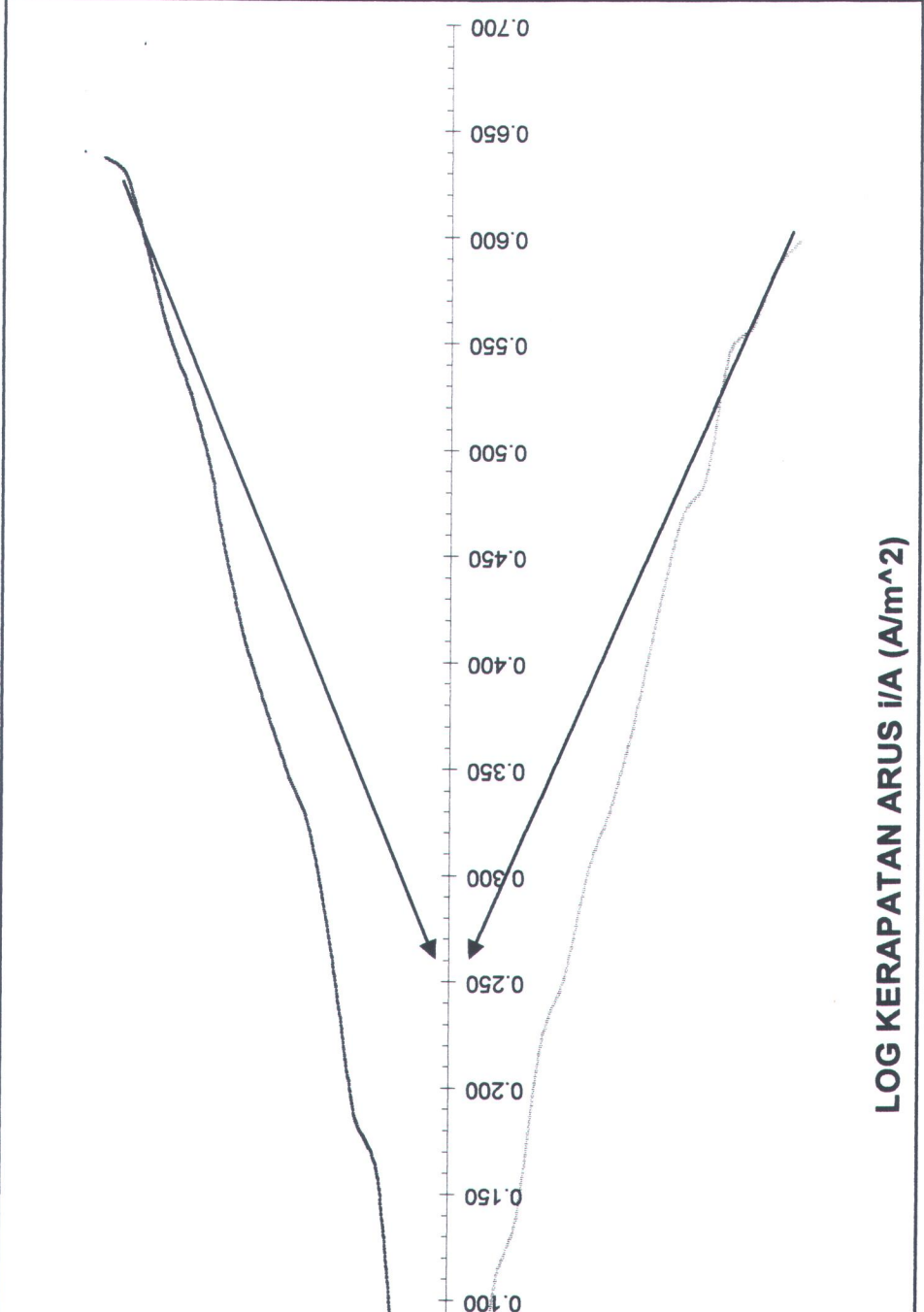
V (V)	Data	Percobaan II	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m ²)	
50	10.570	0.010570	4.128906	0.6158
00	9.824	0.009824	3.837500	0.5840
50	9.154	0.009154	3.575781	0.5534
00	8.875	0.008875	3.466797	0.5399
50	7.531	0.007531	2.941797	0.4686
00	6.659	0.006659	2.601172	0.4152
50	6.127	0.006127	2.393359	0.3790
00	5.566	0.005566	2.174219	0.3373
50	5.118	0.005118	1.999219	0.3009
00	4.734	0.004734	1.849219	0.2670
50	4.368	0.004368	1.706250	0.2320
00	3.884	0.003884	1.517188	0.1810
50	3.342	0.003342	1.305469	0.1158
00	3.070	0.003070	1.199219	0.0789
0	2.367	0.002367	0.924609	-0.0340
0	0	0	0	0
0	2.354	0.002354	0.919531	-0.0364
0	2.817	0.002817	1.100391	0.0415
0	3.766	0.003766	1.471094	0.1676
0	4.059	0.004059	1.585547	0.2002
0	4.524	0.004524	1.767188	0.2473
0	4.973	0.004973	1.942578	0.2884
0	5.371	0.005371	2.008047	0.3018



LOG KERAPATAN ARUS i/A (A/m²)

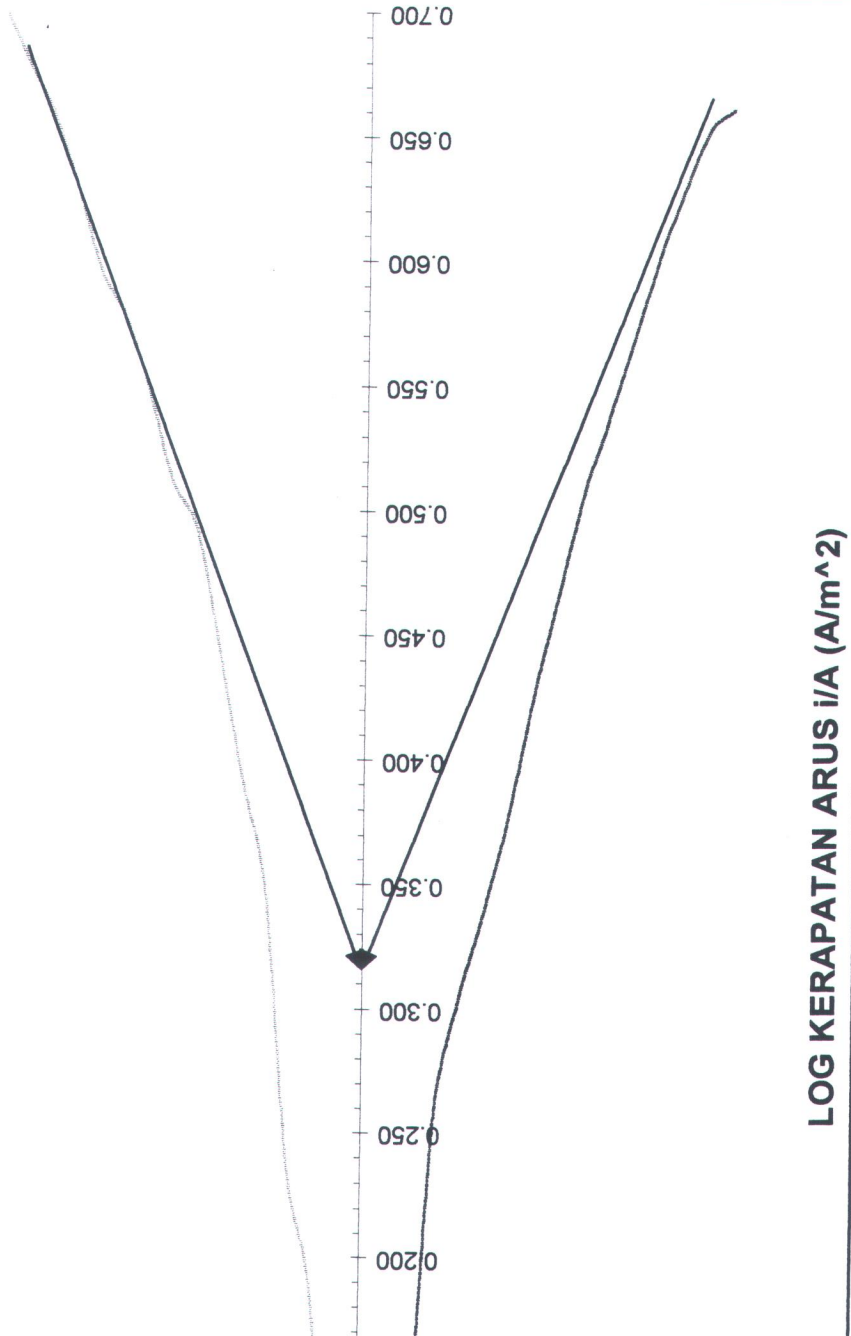
Tabel 6.3. Data percobaan dan perhitungan I_{korr} material aluminium dengan salintas 30

V (mV)	Data Percobaan III		i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	10.154	0.010154	3.966406	0.5984
00	9.857	0.009857	3.850391	0.5855
50	9.263	0.009263	3.618359	0.5585
00	8.994	0.008994	3.513281	0.5457
50	7.853	0.007853	3.067578	0.4868
00	7.540	0.007540	2.945313	0.4691
50	6.811	0.006811	2.660547	0.4250
00	6.048	0.006048	2.362500	0.3734
50	5.506	0.005506	2.150781	0.3326
00	5.128	0.005128	2.003125	0.3017
50	4.575	0.004575	1.787109	0.2522
00	4.257	0.004257	1.662891	0.2209
50	3.530	0.003530	1.378906	0.1395
00	3.249	0.003249	1.269141	0.1035
50	2.522	0.002522	0.985156	-0.0065
0	0	0	0	0
0	2.420	0.002420	0.945313	-0.0244
00	2.859	0.002859	1.116797	0.0480
50	3.694	0.003694	1.442969	0.1593
00	3.935	0.003935	1.537109	0.1867
50	4.671	0.004671	1.824609	0.2612
00	5.357	0.005357	2.092578	0.3207
50	5.718	0.005718	2.233594	0.3490



Tabel 6.4. Data percobaan dan perhitungan I_{korr} material aluminium dengan salintas 35

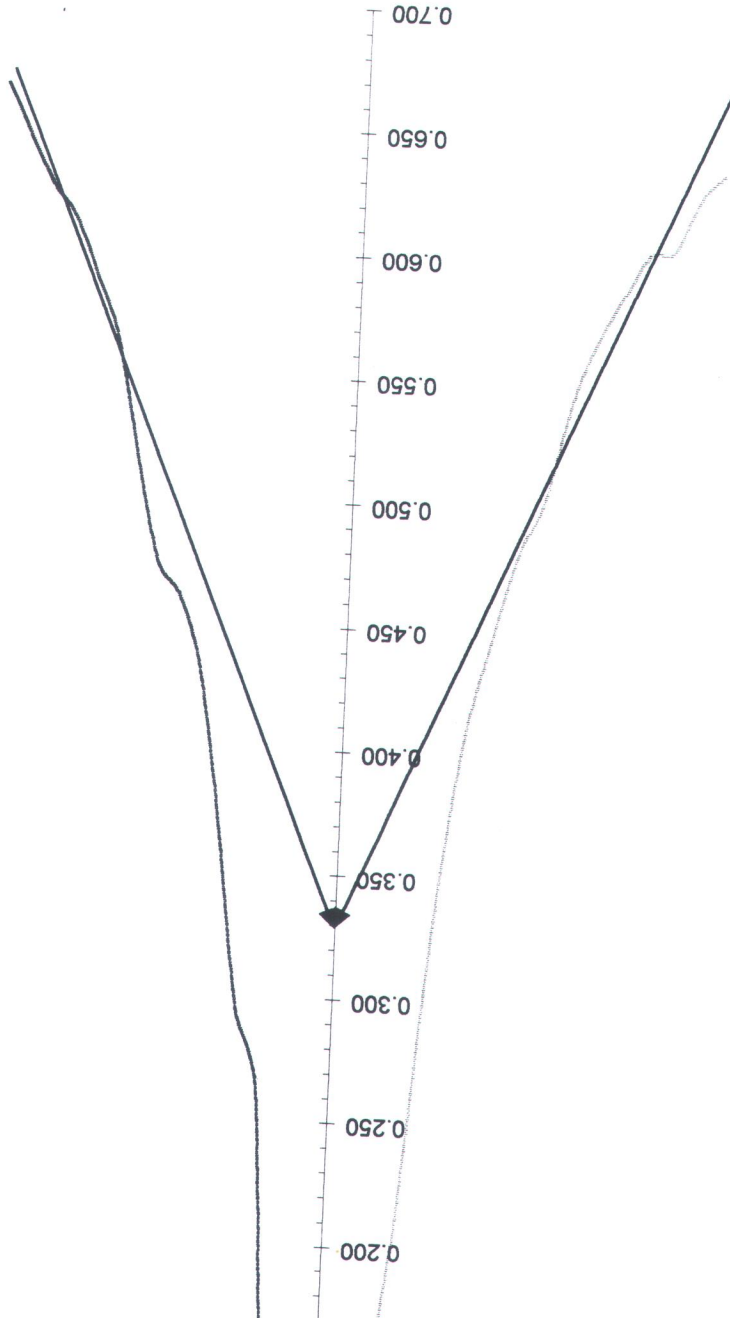
V	Data	Percobaan I	i/A	log (i/A)
hV)	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	11.758	0.011758	4.592969	0.6621
00	11.536	0.011536	4.506250	0.6538
50	10.914	0.010914	4.263281	0.6297
00	10.258	0.010258	4.007031	0.6028
50	9.527	0.009527	3.721484	0.5707
00	8.861	0.008861	3.461328	0.5392
50	8.264	0.008264	3.228125	0.5090
00	7.518	0.007518	2.936719	0.4679
50	6.837	0.006837	2.670703	0.4266
00	6.128	0.006128	2.393750	0.3791
50	5.597	0.005597	2.186328	0.3397
00	5.162	0.005162	2.016406	0.3046
50	4.624	0.004624	1.806250	0.2568
00	3.319	0.003319	1.296484	0.1128
50	3.158	0.003158	1.233594	0.0912
0	0	0	0	0
0	2.947	0.002947	1.151172	0.0611
00	3.928	0.003928	1.534375	0.1859
50	4.391	0.004391	1.715234	0.2343
00	5.678	0.005678	2.217969	0.3460
50	6.316	0.006316	2.467188	0.3922
00	7.123	0.007123	2.782422	0.4444
50	7.959	0.007959	2.108084	0.1626

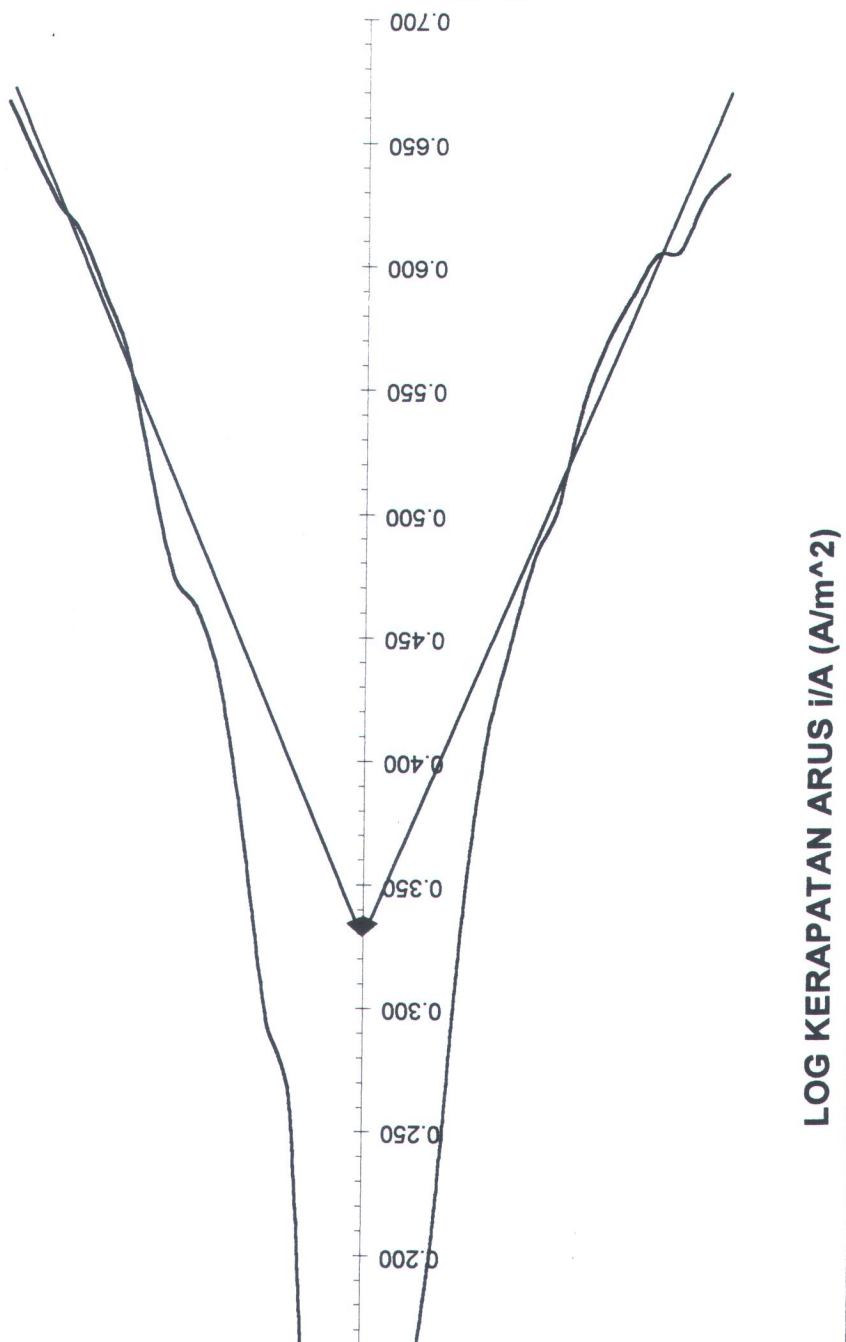


abel 6.5. Data percobaan dan perhitungan I_{kor} material aluminium dengan salintas 35

V	Data	Percobaan II	i/A	log (i/A)
hV)	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	11.127	0.011127	4.346484	0.638
00	10.868	0.010868	4.245313	0.628
50	10.356	0.010356	4.045313	0.607
00	10.308	0.010308	4.026563	0.605
50	9.924	0.009924	3.876523	0.588
00	9.521	0.009521	3.719141	0.570
50	8.965	0.008965	3.501953	0.544
00	8.157	0.008157	3.186328	0.503
50	7.758	0.007758	3.030469	0.482
00	7.146	0.007146	2.791406	0.446
50	6.491	0.006491	2.535547	0.404
00	5.429	0.005429	2.120703	0.326
50	4.185	0.004185	1.634766	0.213
00	3.513	0.003513	1.372266	0.137
50	2.934	0.002934	1.146094	0.059
0	0	0	0	0
0	2.746	0.002746	1.072656	0.030
00	3.115	0.003115	1.216797	0.085
50	4.674	0.004674	1.825781	0.261
00	5.043	0.005043	1.969922	0.294
50	5.963	0.005963	2.329297	0.367
00	6.878	0.006878	2.686719	0.429
50	7.394	0.007394	2.888281	0.461

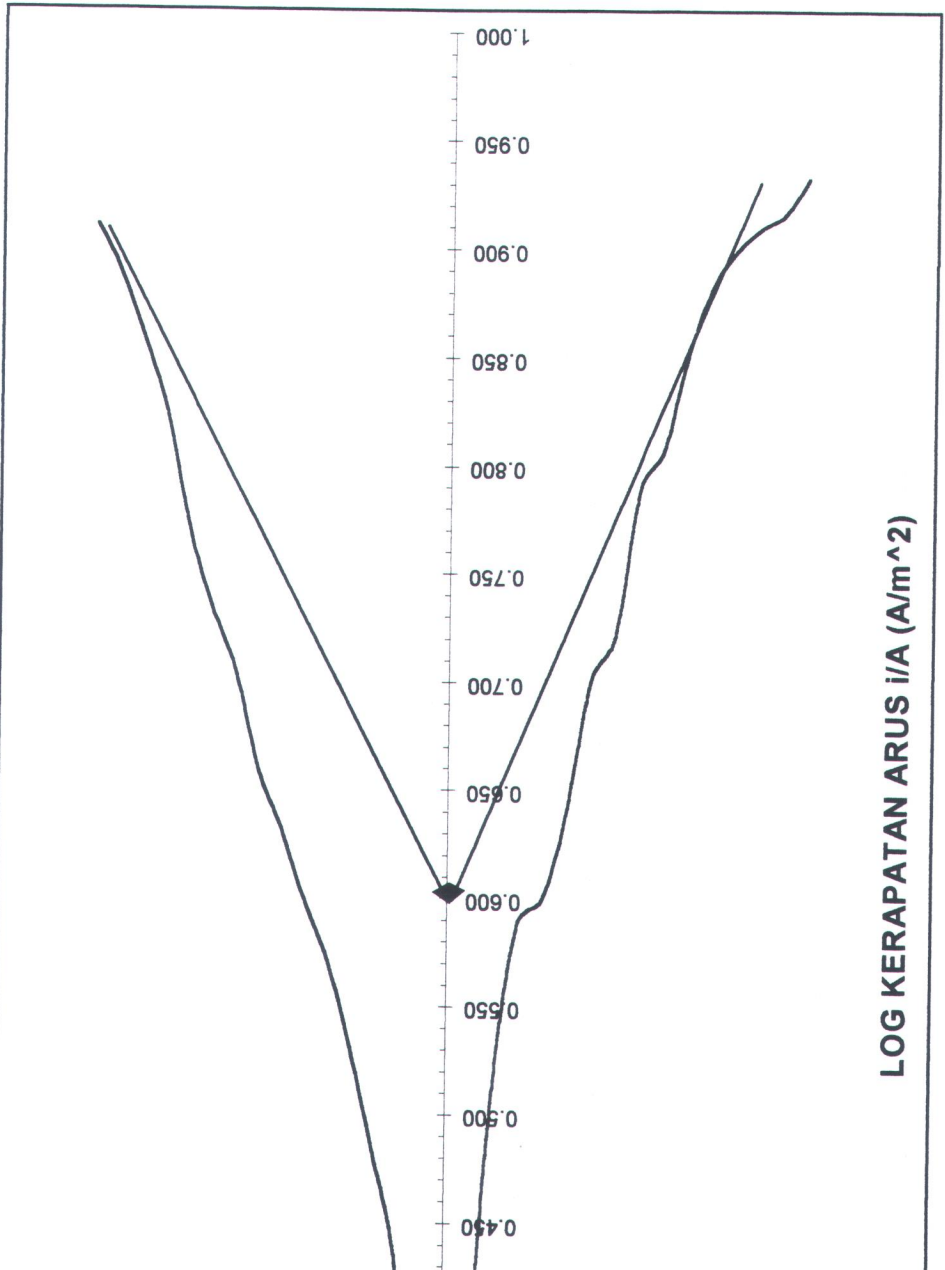
LOG KERAPATAN ARUS i/A (A/m^2)





abel 6.7. Data percobaan dan perhitungan I_{kor} material aluminium dengan salintas 40

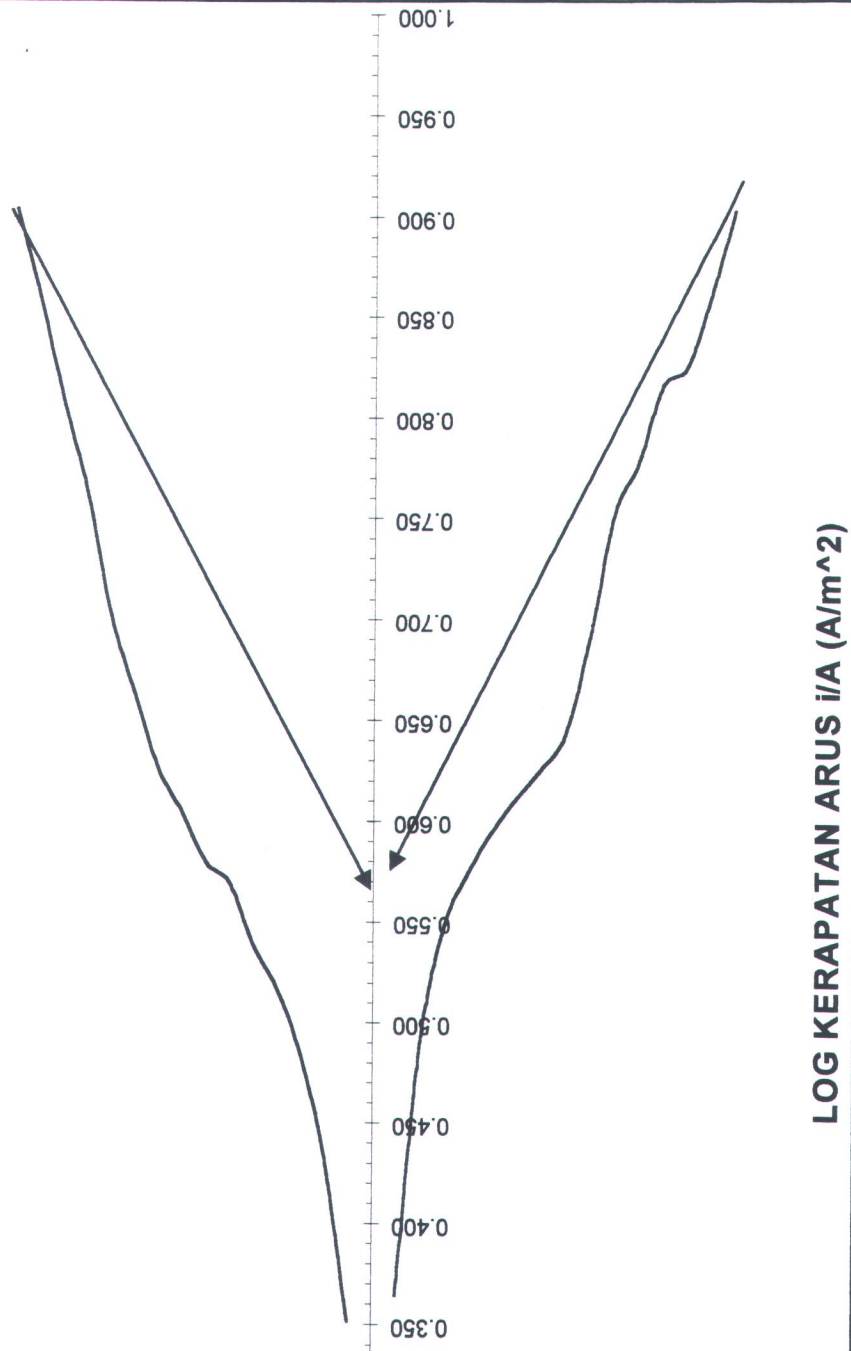
V)	Data	Percobaan I	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m ²)	
0	21.958	0.021958	8.577344	0.9334
0	21.137	0.021137	8.256641	0.9168
0	20.819	0.020819	8.132422	0.9102
0	20.347	0.020347	7.948047	0.9003
0	19.586	0.019586	7.650781	0.8837
0	18.260	0.018260	7.132813	0.8533
0	16.437	0.016437	6.420703	0.8076
0	15.765	0.015765	6.158203	0.7895
0	13.485	0.013485	5.267578	0.7216
0	12.864	0.012864	5.025000	0.7011
0	11.152	0.011152	4.356250	0.6391
0	10.176	0.010176	3.975000	0.5993
0	9.926	0.009926	3.877344	0.5885
0	8.342	0.008342	3.258594	0.5130
0	5.982	0.005982	2.336719	0.3686
0	0	0	0	0
0	5.237	0.005237	2.045703	0.3108
0	6.891	0.006891	2.691797	0.4300
0	7.764	0.007764	3.032813	0.4818
0	8.682	0.008682	3.391406	0.5304
0	9.524	0.009524	3.720313	0.5706
0	10.158	0.010158	3.967969	0.5986
0	10.963	0.010963	4.282422	0.6295



tabel 6.8. Data percobaan dan perhitungan I_{korr} material aluminium
 dengan salintas 40

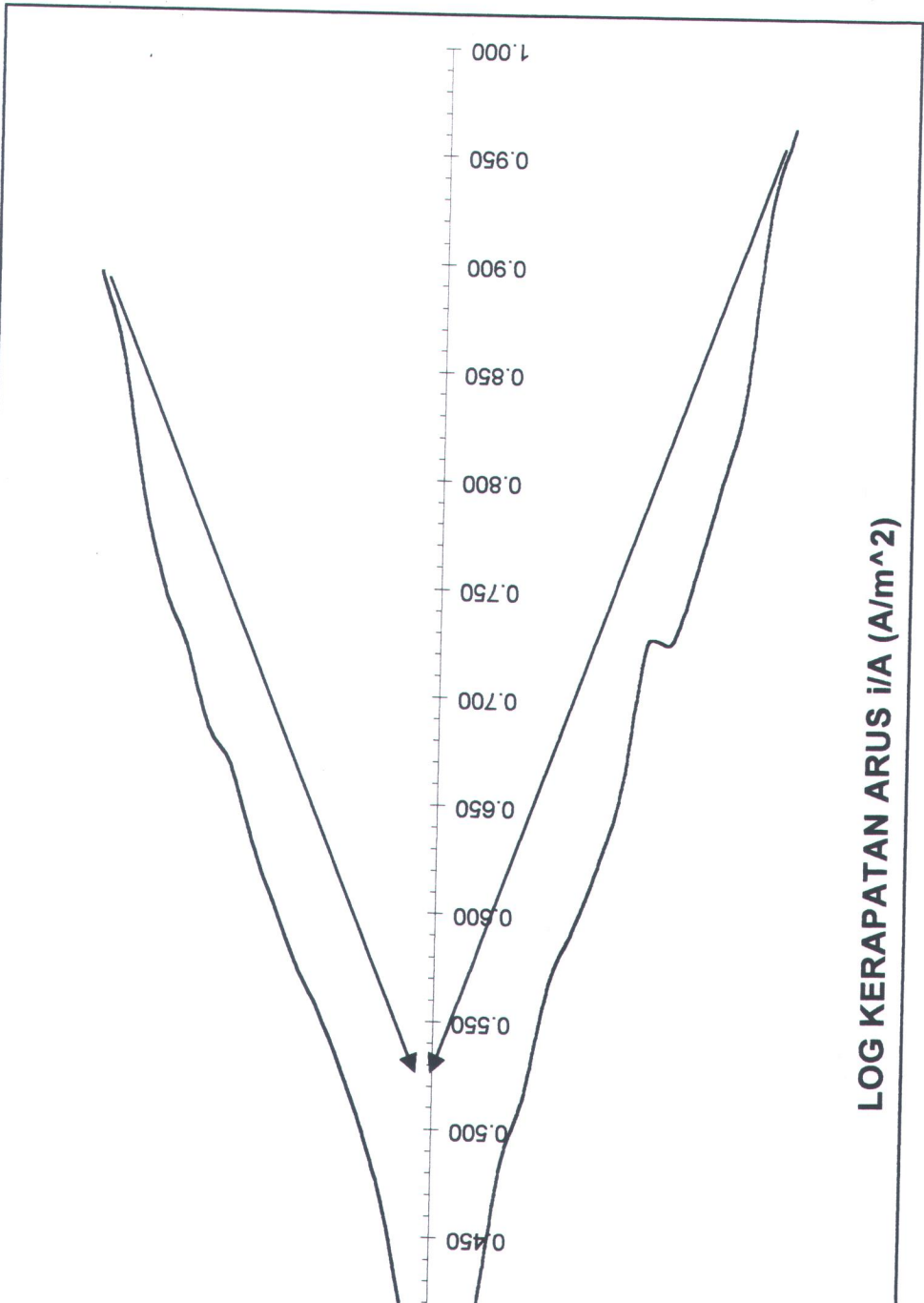
V)	Data	Percobaan II	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	20.48	0.020480	8.000000	0.9031
00	18.57	0.018573	7.255078	0.8606
50	17.10	0.017098	6.678906	0.8247
00	16.76	0.016756	6.545313	0.8159
50	15.32	0.015320	5.984375	0.7770
00	14.45	0.014451	5.644922	0.7517
50	12.57	0.012574	4.911719	0.6912
00	11.25	0.011248	4.393750	0.6428
50	10.81	0.010809	4.222266	0.6255
00	10.47	0.010465	4.087891	0.6115
50	10.09	0.010085	3.939453	0.5954
00	9.63	0.009625	3.759766	0.5752
50	9.06	0.009057	3.537891	0.5487
00	7.93	0.007925	3.095703	0.4908
0	5.92	0.005924	2.314063	0.3644
	0	0	0	0
0	5.75	0.005746	2.244531	0.3511
0	6.93	0.006928	2.706250	0.4324
0	7.79	0.007792	3.043750	0.4834
0	8.42	0.008419	3.288672	0.5170
0	8.83	0.008832	3.450000	0.5378
0	9.48	0.009481	3.703516	0.5686
0	9.71	0.009713	3.794141	0.5791

GRAFIK 6.8. POLARISASI SALINITAS 40



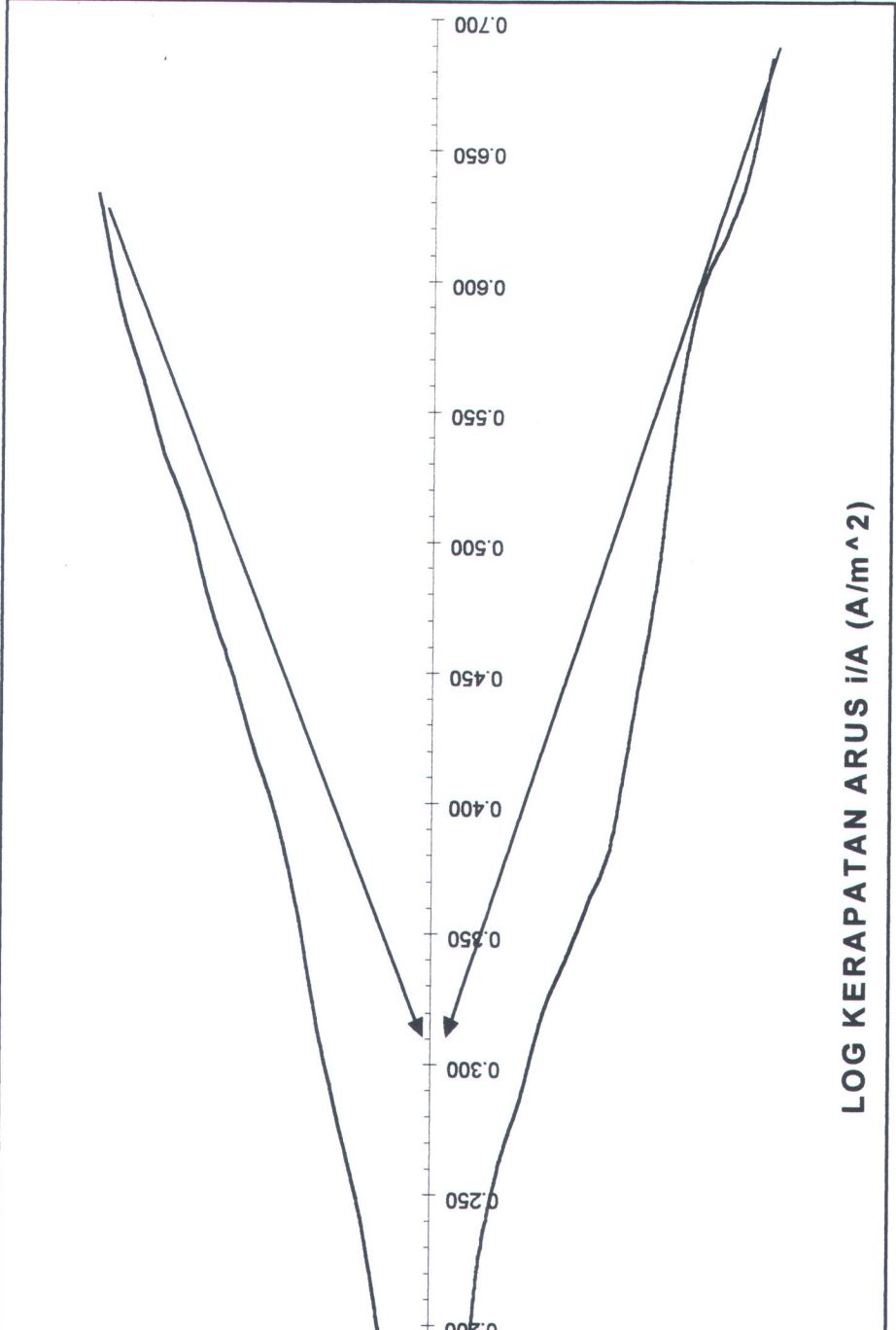
abel 6.9. Data percobaan dan perhitungan I_{kor} material aluminium dengan salintas 40

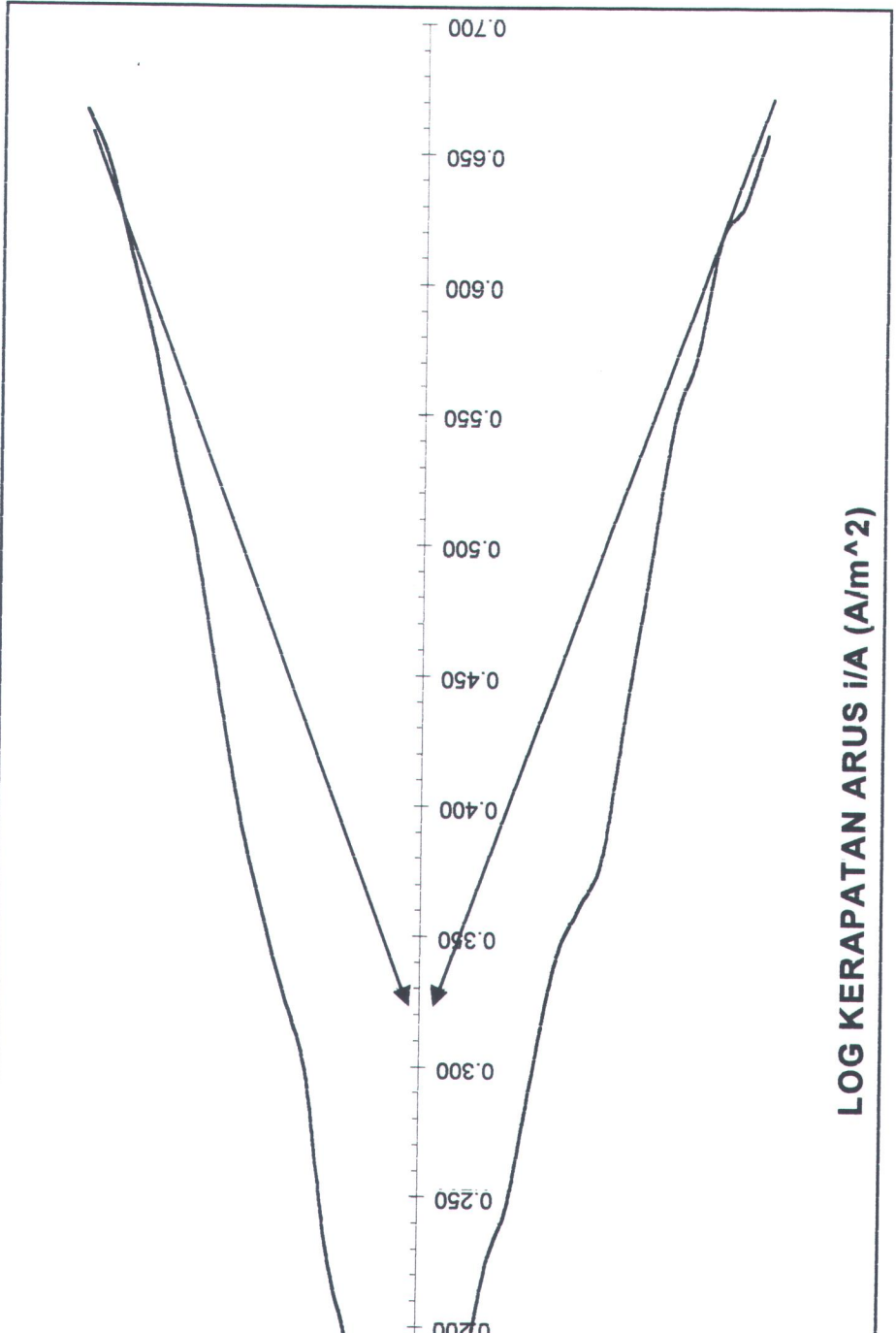
V (V)	Data	Percobaan III	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	23.598	0.023598	9.217969	0.9646
00	21.582	0.021582	8.430469	0.9259
50	17.628	0.017628	6.885938	0.8380
00	16.007	0.016007	6.252734	0.7961
50	14.614	0.014614	5.708594	0.7565
00	13.610	0.013610	5.316406	0.7256
50	13.626	0.013626	5.322656	0.7261
00	11.678	0.011678	4.561719	0.6591
50	10.728	0.010728	4.190625	0.6223
00	10.047	0.010047	3.924609	0.5938
50	9.485	0.009485	3.705078	0.5688
00	8.417	0.008417	3.287891	0.5169
50	7.767	0.007767	3.033984	0.4820
00	6.625	0.006625	2.587891	0.4129
0	6.282	0.006282	2.453906	0.3899
0	0	0	0	0
0	6.521	0.006521	2.547266	0.4061
00	7.392	0.007392	2.887500	0.4605
00	8.057	0.008057	3.147266	0.4979
00	8.624	0.008624	3.368750	0.5275
00	9.148	0.009148	3.573438	0.5531
00	9.623	0.009623	3.758984	0.5751
00	10.241	0.010241	4.000201	0.6021

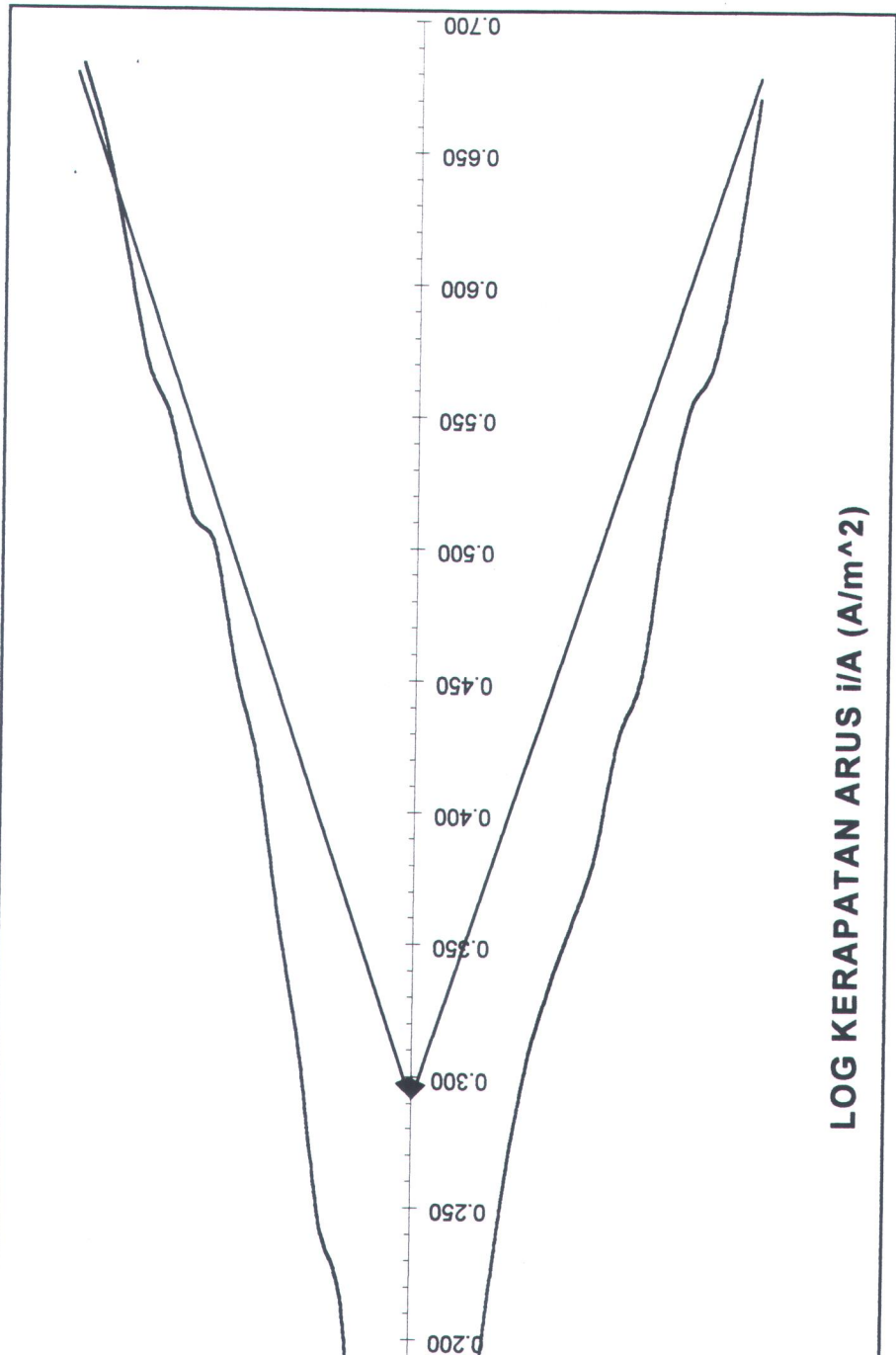


Tabel 6.10. Data percobaan dan perhitungan i_{kor} material aluminium dengan salintas 35 luas permukaan

V (V)	Data	Percobaan I	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m^2)	
50	22.865	0.022865	4.844280	0.6852
00	20.705	0.020705	4.386653	0.6421
50	19.576	0.019576	4.147458	0.6178
00	18.758	0.018758	3.974153	0.5992
50	17.083	0.017083	3.619280	0.5586
00	14.434	0.014434	3.058051	0.4854
50	12.852	0.012852	2.722881	0.4350
00	11.448	0.011448	2.425424	0.3848
50	10.873	0.010873	2.303602	0.3624
00	10.333	0.010333	2.189195	0.3403
50	9.861	0.009861	2.089131	0.3200
00	9.124	0.009124	1.933051	0.2862
50	8.572	0.008572	1.816102	0.2591
00	7.658	0.007658	1.622458	0.2102
0	5.612	0.005612	1.188983	0.0752
	0	0	0	0
0	5.549	0.005549	1.175636	0.0703
0	7.135	0.007135	1.511653	0.1795
0	8.162	0.008162	1.729237	0.2379
0	8.864	0.008864	1.877966	0.2737
0	9.677	0.009677	2.050212	0.3118
0	10.809	0.010809	2.290042	0.3598
0	11.755	0.011755	2.490466	0.3963

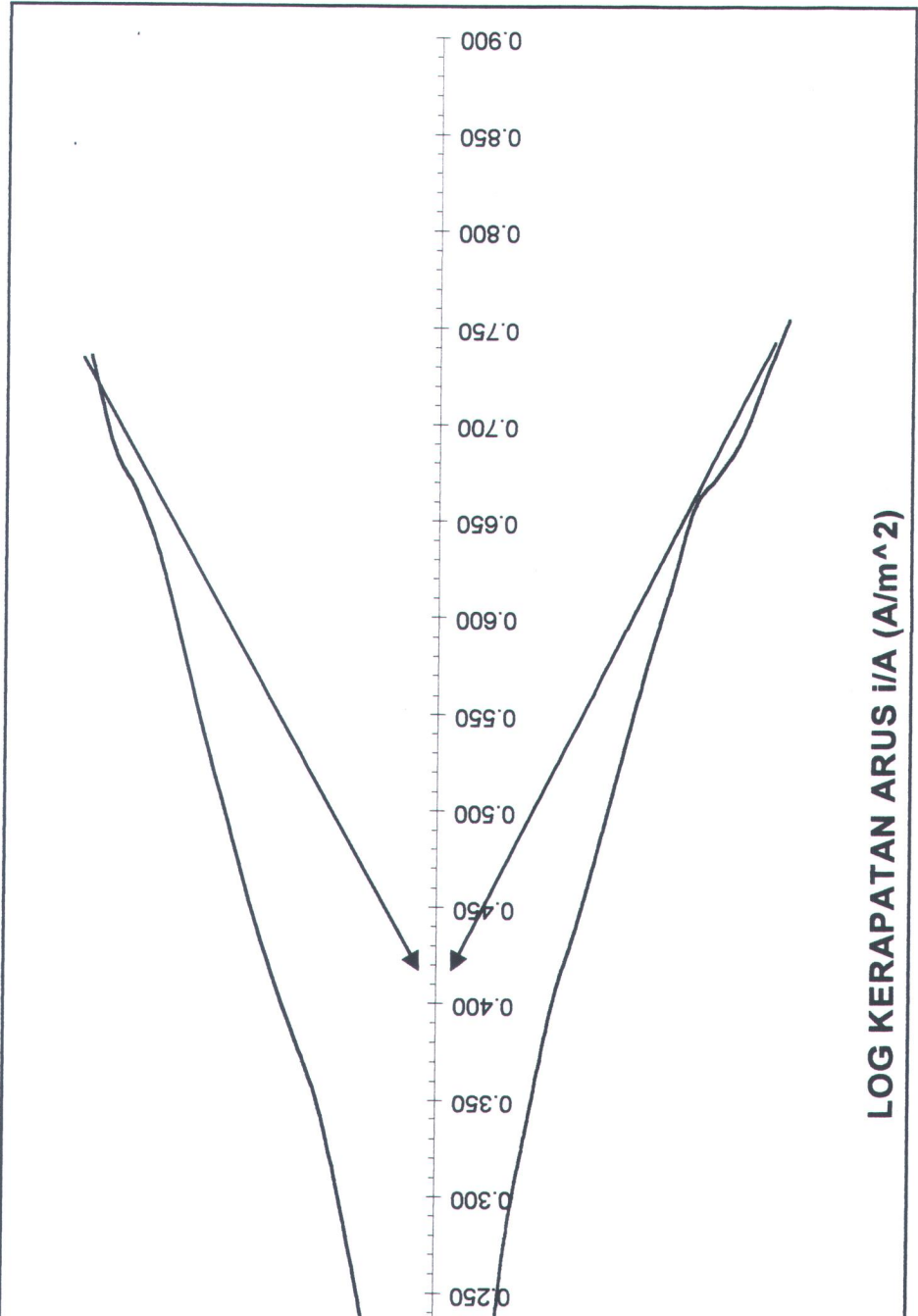






dengan salintas 35 kondisi las-lasan

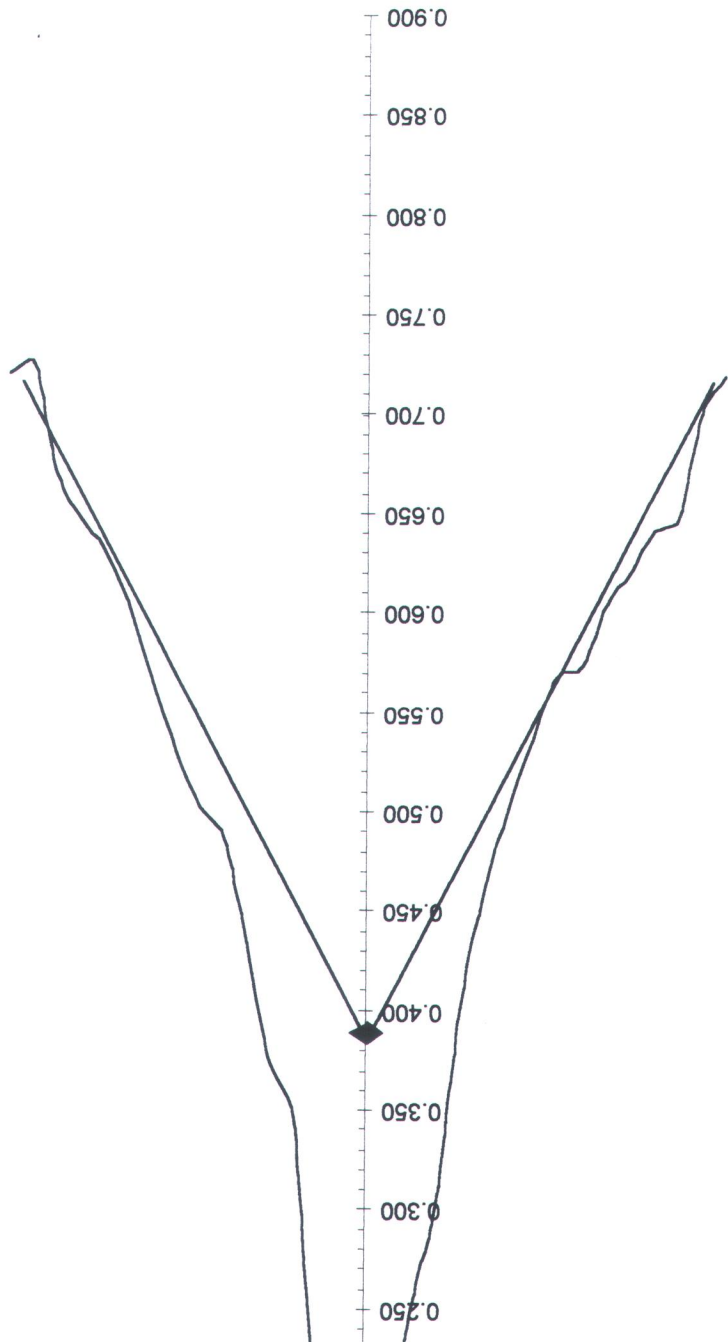
V (V)	Data	Percobaan I	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m ²)	
50	14.564	0.014564	5.689063	0.7550
00	13.556	0.013556	5.295313	0.7239
50	12.625	0.012625	4.931641	0.6930
00	12.078	0.012078	4.717969	0.6738
50	11.631	0.011631	4.543359	0.6574
00	10.556	0.010556	4.123438	0.6153
50	9.607	0.009607	3.752734	0.5743
00	8.637	0.008637	3.373828	0.5281
50	7.781	0.007781	3.039453	0.4828
00	7.043	0.007043	2.751172	0.4395
50	6.429	0.006429	2.511328	0.3999
00	5.593	0.005593	2.184766	0.3394
50	4.775	0.004775	1.865234	0.2707
00	3.662	0.003662	1.430469	0.1555
0	3.243	0.003243	1.266797	0.1027
	0	0	0	0
	3.518	0.003518	1.374219	0.1381
0	3.808	0.003808	1.487500	0.1725
0	4.368	0.004368	1.706250	0.2320
0	5.031	0.005031	1.965234	0.2934
0	5.687	0.005687	2.221484	0.3466
0	6.128	0.006128	2.393750	0.3791
0	6.612	0.006612	2.566615	0.4066



Tabel 6.14. Data percobaan dan perhitungan i_{kor} material aluminium dengan salintas 35 kondisi las-lasan

V (mV)	Data	Percobaan II	i/A	log (i/A)
	i (mA)	i (A)	(A/m ²)	
750	16.956	0.016956	6.623438	0.8211
700	16.212	0.016212	6.332813	0.8016
650	14.178	0.014178	5.538281	0.7434
600	13.756	0.013756	5.373438	0.7303
550	12.528	0.012528	4.893750	0.6896
500	11.421	0.011421	4.461328	0.6495
450	10.335	0.010335	4.037109	0.6061
400	9.293	0.009293	3.630078	0.5599
350	8.965	0.008965	3.501953	0.5443
300	8.025	0.008025	3.134766	0.4962
250	7.034	0.007034	2.747656	0.4390
200	6.458	0.006458	2.522656	0.4019
150	6.506	0.006506	2.541406	0.4051
100	5.212	0.005212	2.035938	0.3088
50	3.587	0.003587	1.401172	0.1465
0	0	0	0	0
0	3.753	0.003753	1.466016	0.1661
00	5.231	0.005231	2.043359	0.3103
50	6.337	0.006337	2.475391	0.3936
00	6.953	0.006953	2.716016	0.4339
50	7.253	0.007253	2.833203	0.4523
00	7.878	0.007878	3.077344	0.4882
50	8.345	0.008345	3.250700	0.5100

GRAFIK 6.15. POLARISASI LAS-LASAN SALINITAS 35



LOG KERAPATAN ARUS i/A (A/m^2)